



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO DE SERVIÇOS

O CASO DA Pousada da Juventude de Bragança

Délcio Hernani Veríssimo Monteiro

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de Mestre em Energias Renováveis e Eficiência Energética

Efetuada sob orientação de:

Professor Doutor Orlando Manuel de Castro Ferreira Soares

Bragança, junho de 2024

“Cada adversidade, cada fracasso, cada dor de cabeça carrega consigo a semente de um benefício igual ou maior”

Napoleon Hill

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Deus, por ter me permitido percorrer este caminho até aqui.

A mim, pelo meu esforço e por nunca ter ousado desistir.

De seguida, agradeço a minha família por todo o apoio incondicional durante esses anos académicos. À minha mãe, à qual a minha gratidão nunca terá fim. Ao meu pai, que sempre me apoiou. À minha tia, minha prima e minhas irmãs, pelo carinho e motivação.

A ti que nunca deixou de segurar a minha mão. Obrigado por tudo e por tanto Rosaline.

A todos meus amigos e colegas, pela ajuda e pelos momentos únicos. A vocês devo toda minha consideração.

Ao Instituto Politécnico de Bragança, pela experiência académica que me foi possibilitada.

Ao meu orientador, Orlando Sorares, um especial obrigado por todo o apoio fornecido na elaboração deste trabalho.

À Movijovem e a todos os elementos da Pousada da Juventude de Bragança, pelo carinho durante estes meses e pela disponibilidade e oportunidade de poder realizar este trabalho.

A todos, meu sincero obrigado!

Délcio Monteiro

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus avós. A ti meu avô, que sempre me falou da importância da responsabilidade e que sempre me mostrou os caminhos certos a seguir na vida. Hoje, eu completo mais uma etapa do meu percurso, e se não fossem suas palavras, tudo teria sido mais difícil. Agradeço-te por tudo. Devo-te tudo o que sou!

À minha avó, por todo o carinho e por todas as rezas que faz por mim. Estou me tornando naquilo que queria que fosse, “um homem de respeito”. Obrigado por tudo!

Resumo

A evolução económica e o crescimento populacional integram uma variedade de fatores que influenciam o avanço tecnológico e as mudanças nos padrões de consumo da sociedade. Tais fatores, conduzem uma crescente procura de energia, que por consequência motivam o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, necessárias para atender às necessidades energéticas atuais e futuras.

A promoção de fontes de energias renováveis e a implementação de medidas de eficiência energética permitem uma menor dependência de tecnologias energéticas específicas bem como a sustentabilidade.

A aplicação da Diretiva 2010/31/EU estabelece requisitos importantes que devem ser adotados no diz respeito ao desempenho energético em edifícios na europa.

De entre os vários objetivos definidos distinguem-se a obrigatoriedade da aplicação de requisitos mínimos de desempenho energético e a sua certificação energética promovendo também a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Com o auxílio nas plantas arquitetónicas e em dados de utilização de energia do edifício, pretende-se efetuar uma análise da eficiência energética recorrendo a processos que envolvem a análise e avaliação detalhada de todos os pontos referentes as necessidades do edifício. A otimização do consumo de energia será apoiada por modelagem energética por meio do software *DesignBuilder*.

Palavras chaves: Energias Renováveis, Eficiência Energética, Sustentabilidade, Certificação Energética

Abstract

Economic evolution and population growth are part of a variety of factors that influence technological advances and changes in society's consumption patterns. These factors lead to a growing demand for energy, which consequently motivates the development of more efficient technologies needed to meet current and future energy needs.

The promotion of renewable energy sources and the implementation of energy efficiency measures allow for less dependence on specific energy technologies as well as sustainability.

The application of Directive 2010/31/EU establishes important requirements that must be adopted with regard to the energy performance of buildings in Europe.

Among the various objectives defined are the mandatory application of minimum energy performance requirements and energy certification, while also promoting the reduction of greenhouse gas emissions.

Based on the architectural plans and the building's energy use data, the aim is to carry out an energy efficiency analysis using processes that involve the detailed analysis and evaluation of all the points relating to the building's needs. Optimization of energy consumption will be supported by energy modelling using DesignBuilder software.

Key words: Renewable Energies, Energy Efficiency, Sustainability, Energy Certification

Índice

Agradecimentos	ii
Dedicatória	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice.....	vi
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	x
Acrónimos e Abreviaturas.....	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e objetivos	1
1.2 Metodologia.....	1
1.3 Estrutura do documento	2
2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	3
2.1 Introdução.....	3
2.2 Eficiência energética em edifícios	4
2.3 Elementos condicionantes da eficiência energética em edifícios	5
2.3.1 Orientação e exposição à radiação solar	5
2.3.2 Isolamento térmico das componentes arquitetónicas.....	6
2.3.3 Iluminação	12
3 ENQUADRAMENTO LEGAL.....	15
3.1 Legislação e políticas europeias	15
3.2 Legislação nacional.....	16
3.2.1 SCE – Sistema Certificação Energética dos Edifícios.....	16
4 DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO	18
4.1 Indicador de eficiência energética	18

4.2	Métodos de determinação.....	20
4.2.1	Simulação Dinâmica Multizona	21
4.2.2	Cálculo dinâmico simplificado.....	22
4.3	Classe energética de edifícios de comércio e serviços.....	23
4.3.1	Certificado energético	24
5	AUDITORIA ENERGÉTICA - CASO DE ESTUDO	25
5.1	Introdução.....	25
5.2	Recolha e tratamento de informação	25
5.3	Descrição do edifício	26
5.4	Zona Climática	27
5.5	Ocupação e horários.....	28
5.6	Iluminação	30
5.7	Sistemas de climatização.....	31
5.7.1	Aquecimento central.....	31
5.7.2	Dispositivos de ventilação.....	31
5.7.3	Ar condicionado	31
5.8	Sistemas AQS	32
5.9	Equipamentos	32
5.10	Consumos e custos energéticos.....	33
5.10.1	Consumo de eletricidade.....	33
5.10.2	Consumo de gás.....	36
5.11	Emissões de CO ₂ associados	37
5.12	Indicador de eficiência energética.....	38
6	SIMULAÇÃO DINAMICA	39
6.1	Construção do modelo em <i>Design Builder</i>	39
6.2	Configurações do modelo.....	40
6.3	Calibração do modelo	42

6.4	Necessidades de aquecimento	43
6.5	Necessidades de arrefecimento.....	46
6.6	Ganhos internos do edifício.....	46
6.7	Emissões estimadas de CO ₂	47
6.8	Classe energética do edifício	48
7	MEDIDAS DE MELHORIA.....	49
7.1	Ações prioritárias.....	49
7.1.1	Sistema fotovoltaico para autoconsumo	49
7.1.2	Substituição do gás propano pelo gás natural	58
7.2	Ações complementares	59
8	CONCLUSÃO	60
8.1	Trabalhos futuros.....	60
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
10	ANEXOS	62

Índice de figuras

Figura 2.1 - Consumo de energia primária 2022 [1].....	3
Figura 2.2 - Melhoria anual da intensidade energética primária [2].....	4
Figura 2.3 - Zonamento climático de Portugal continental [4]	6
Figura 2.4 - Tipos de paredes construídas em Portugal [4]	7
Figura 2.5 - Perdas de calor típicas de um edifício [4]	8
Figura 2.6 - Representação do fator solar [3]	10
Figura 2.7 - Etiqueta energética da UE para lâmpadas [Comissão Europeia]	12
Figura 3.1 - Síntese dos principais regulamentos da EEE [7]	17
Figura 4.1 - Classe energética de um edifício extraído de um CE [9]	24
Figura 5.1 - Pousada da Juventude de Bragança	26
Figura 5.2 - Iluminação existente na pousada	30
Figura 5.3 - Desagregação da iluminação da pousada.....	30
Figura 5.4 - Energia ativa consumida (2023)	33
Figura 5.5 - Consumo de ativa (3ª semana de janeiro)	34
Figura 5.6 - Consumo de energia ativa (5 de fevereiro)	34
Figura 5.7 - Consumo de energia ativa (8 de fevereiro)	35
Figura 5.8 - Faturação elétrica 2023 da pousada	35
Figura 5.9 - Consumos de gás 2023.....	37
Figura 6.1 - Construção 3D do edifício DB	39
Figura 6.2 - Modo <i>visualise</i> do edifício DB	40
Figura 6.3 – Separador ‘ <i>construction</i> ’ DB	41
Figura 6.4 – Constituição da parede externa DB.....	41
Figura 6.5 - Temperaturas obtidas da simulação (necessidades de aquecimento).....	44
Figura 6.6 - Ganhos e perdas através da envolvente do edifício	45
Figura 6.7 - Ganhos internos do edifício.....	47
Figura 6.8 - Estimativa de produção de CO ₂	47
Figura 7.1 - Esquema genérico de funcionamento de uma UPAC [11]	49
Figura 7.2 - Configuração do sistema sem bateria (PVsyst)	52
Figura 7.3 - Produções normalizadas por kWp instalado	53
Figura 7.4 - Utilização de energia (sistema sem bateria)	55
Figura 7.5 - Investimento inicial para sistema com bateria.....	57

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Requisitos energéticos, U_w [4].....	7
Tabela 2.2 - Espessura de isolamento de paredes [4].....	7
Tabela 2.3 - ψ_g de acordo com o tipo de vidro [3]	11
Tabela 2.4 - Tipos de lâmpadas e características [5].....	14
Tabela 4.1 - Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T	19
Tabela 4.2 - Métodos aceites para determinação do IEE	21
Tabela 4.3 - Formas de cálculo do IEE_S (Despacho n.º 15793-J/2013, 2019)	23
Tabela 4.4 - Classe energética de acordo com R_{IEE} [8].....	24
Tabela 5.1 - Distribuição das áreas da pousada	27
Tabela 5.2 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno.....	27
Tabela 5.3 - Critérios para a determinação da zona climática de verão	28
Tabela 5.4 - Nível de ocupação da pousada	29
Tabela 5.5 - Potência instada em equipamentos	32
Tabela 5.6 - Situação energética contratual da pousada.....	33
Tabela 5.7 - Repartição da fatura total 2023.....	36
Tabela 5.8 - Fatores de Conversão das emissões de CO ₂ [10].....	37
Tabela 5.9 - Emissões de CO ₂ da pousada	38
Tabela 5.10 - Indicador de eficiência energética	38
Tabela 6.1 - Comparação dos consumos reais e os previstos pela simulação	42
Tabela 6.2 - Desagregação das necessidades de aquecimento por pio	46
Tabela 7.1 - Balanço e os resultados sistema sem bateria	54
Tabela 7.2 - Comparação económica dos combustíveis	59

Acrónimos e Abreviaturas

AC – Ar Condicionado

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Água Quente Sanitária

ASHRAE – Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

BTE – Baixa Tensão Especial

CEE – Certificação Energética de Edifícios

CEN – Comité Europeu de Normalização

DB – *Design Builder*

DEE – Desempenho Energético dos Edifícios

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

DPI – Densidade de Potência de Iluminação

EE – Eficiência Energética

EEE – Eficiência Energética em Edifícios

EED – Diretiva de Eficiência Energética

EPBD - Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios

GEE – Gases de Efeito Estufa

GES – Grandes Edifícios de Comércio e Serviços

GD – Graus Dia

GN – Gás natural

GPL – Gás Petróleo Liquefeito

IEA – Agência Internacional de Energia

IEE – Indicador de Eficiência Energética

LED – Díodo Emissor de Luz

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

nZEB – Edifícios de Consumo de Energia Quase Nulo

PES – Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços

PCS – Poder Calorífico Superior

PIB – Produto Interno Bruto

PQ – Perito Qualificado

QAI – Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema Certificação Energética dos Edifícios

SSF – Sistema Solar Fotovoltaico

SST – Sistema Solar Térmico

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

U_w – Coeficiente de transmissão térmica

VAL – Valor Atual Líquido

1 INTRODUÇÃO

A dependência de fontes específicas de energia tem sido uma questão cada vez mais expressiva em todo o mundo. Muitas são as razões a qual muitos países buscam diversificar suas fontes de energia de maneira a fortalecer a segurança energética e a redução de impactos ambientais significativos.

As energias renováveis são correntemente consideradas a solução mais viável para abordar diferentes desafios relativos à produção e o consumo de energia. Outra solução poderá estar na transição para um sistema energético mais sustentável onde exige desenvolvimento tecnológico assim como apoios e políticas legais definidas. Portanto, associado a necessidade de produzir mais e melhor, surge a eficiência energética, indispensável para avaliar a utilização inteligente dos recursos energéticos disponíveis.

1.1 Enquadramento e objetivos

Para alcançar as metas de redução de consumo de energia nos edifícios, conforme as diretrizes europeias, utilizam-se fontes de energia renovável e soluções técnicas para melhorar o desempenho energético dos edifícios, mantendo o conforto térmico e a qualidade do ar interior.

Este estudo, sustentado por normas e políticas adequadas, tem como principais objetivos a análise da gestão de energia do edifício através da modelação do seu comportamento energético pelo software *Designbuilder* e o estudo de medidas de melhoria da eficiência energética e racionalização dos consumos.

1.2 Metodologia

De forma a fazer uma aproximação mais precisa a situação real, é necessário fazer:

- Caracterização do edifício:
 - A. Levantamento geodésico (latitude, longitude e orientação);
 - B. Levantamento topográfico (área e volume do espaço);
 - C. Representação e mapeamento térmico.
- Caracterização da ocupação e períodos de uso;
- Caracterização de elementos que condescendem a passagem da luz;
- Identificação dos sistemas de climatização, dispositivos e máquinas elétricas e seus respetivos períodos de utilização;
- Análise contratual do fornecimento de energia;

1.3 Estrutura do documento

A dissertação está organizada em 8 capítulos visando tornar mais fácil a compreensão dos conceitos teóricos sobre legislação e eficiência energética. Em seguida, são apresentados a análise dos resultados e as medidas de melhoria propostas.

- Inicialmente, no capítulo 1, é apresentada o enquadramento do tema, os objetivos definidos e a estrutura do mesmo;
- O capítulo 2 corresponde a uma fase mais teórica, apresenta-se o conceito de eficiência energética em edifícios, referindo-se a dados estatísticos e as suas principais condicionantes;
- De seguida, no capítulo 3, são abordados os assuntos legais ao tema. Nesta fase faz-se o enquadramento legal da eficiência energética em edifícios, detalhando a evolução da legislação em Portugal e na União Europeia e apresentando o estado atual;
- No capítulo 4 aborda-se o tema de desempenho energético de um edifício e o conceito de simulação dinâmica multizona e menciona ainda a regulamentação dos programas utilizados;
- No capítulo 5 é retratado a auditoria energética feita ao edifício. Aqui destacam-se todas as caracterizações feitas ao edifício, desde a sua descrição bem como todos os aspetos relativos a utilização de energia, sistemas de climatização disponíveis e o ponto de vista ambiental;
- O capítulo 6 apresenta o modelo computacional definido, aborda a criação e calibração do modelo e por fim os resultados obtidos;
- No capítulo 7 sugere-se as medidas de melhoria e faz a respetiva análise;
- Finalmente, no capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões deste trabalho;

No final deste trabalho inclui as referências bibliográficas e os diversos anexos que foram mencionados ao longo do documento.

2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 Introdução

A eficiência energética (EE) refere-se à utilização otimizada da energia, a qual desempenha um papel fundamental na transição para um sistema equilibrado e ambientalmente amigável. Esta transição envolve a substituição de fontes de energia ditas poluentes para fontes de energias renováveis, melhorias de eficiência energética e tomada de práticas sustentáveis associadas a produção e ao consumo de energia.

A análise do consumo de energia é determinante para perceber os padrões da sua utilização e identificar oportunidades de melhorias no desempenho energético das instalações. A Figura 2.1 ilustra os níveis de consumo global de energia primária em 2022.

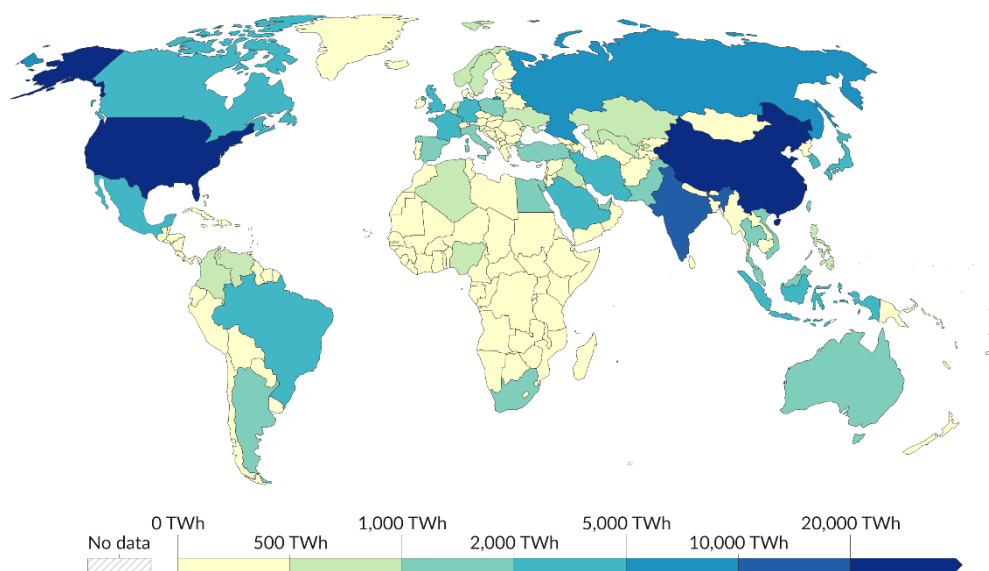


Figura 2.1 - Consumo de energia primária 2022 [1]

A eficiência energética e o desenvolvimento tecnológico afetam a gestão eficaz da procura de energia, que é uma parte essencial no setor energético. Esses dois conceitos estão fortemente relacionados pois à medida que as melhorias tecnológicas aumentam a eficiência com a qual um recurso é usado, o consumo total desse recurso pode aumentar em vez de diminuir – paradoxo de Jevons.

Portanto, é crucial ter em conta os desafios associados ao aumento do consumo de energia e a promoção de práticas eficientes, atendendo às necessidades da sociedade, do setor industrial bem como das habitações e dos edifícios.

2.2 Eficiência energética em edifícios

Um dos principais indicadores para acompanhar o processo do desempenho energético é a intensidade energética, que define a quantidade de energia consumida por uma unidade monetária como sendo o produto interno bruto (PIB) ou o valor acrescentado líquido (VAL). Outros indicadores usados é o consumo específico e o indicador de eficiência energética (IEE) que define a quantidade de energia consumida por unidade física, como a área ou a produção. Geralmente, uma intensidade energética mais baixa indica uma utilização mais eficiente da energia.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), o consumo global de energia no setor dos edifícios aumentou entre 2010 e 2022, em média, 1,1% por ano, para uma estimativa de 133 EJ. Ainda refere que o progresso da intensidade energética global – a principal métrica utilizada para avaliar a eficiência energética – abrande, depois de uma aceleração de cerca de 2% em 2022, e de queda para níveis mais lentos de cerca de 1,3% em 2023.

Melhorias de intensidade energética anuais por cenário estão representados na Figura 2.2.

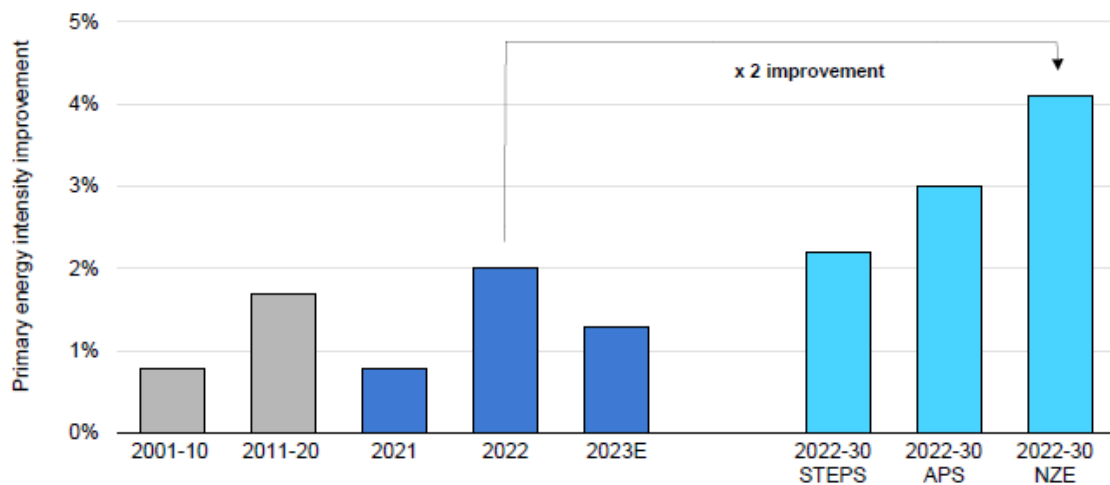


Figura 2.2 - Melhoria anual da intensidade energética primária [2]

Notas: STEPS = Cenário de Políticas Declaradas; APS = Cenário de Compromissos Anunciados; e NZE = Cenário de Emissões Líquidas Zero até 2050.

A título indicativo, um crescimento do PIB de 3%, com um crescimento atualmente esperado da procura de energia entre 2% e 1%, resultaria numa melhoria da intensidade energética entre 1% e 2%, respetivamente.

Algumas das principais causas do elevado consumo de energia em edifícios são as necessidades que ele tem em climatização, nomeadamente o aquecimento e o

arrefecimento, que muitas vezes são ineficientes e consomem quantidades excessivas de energia para regular as temperaturas internas. Outros fatores que contribuem para um consumo significativo de energia incluem a manutenção inadequada, iluminação deficiente e ainda o comportamento dos próprios ocupantes.

2.3 Elementos condicionantes da eficiência energética em edifícios

2.3.1 Orientação e exposição à radiação solar

A orientação do edifício é um fator determinante na EE de uma construção. A sua posição em relação ao sol pode afetar expressivamente o consumo de energia.

O aproveitamento da luz solar é ponto chave para a questão. Uma orientação adequada pode maximizar a entrada de luz natural nos espaços internos, reduzindo assim a necessidade de iluminação diurna por meio de dispositivos consumidores de energia, assim como promover o aquecimento passivo destes espaços.

O aquecimento passivo possui grande importância uma vez que reduz a necessidade de aquecimento em regiões de frio intenso. Por outro lado, em zonas onde a exposição é maior, deve-se controlar a quantidade de calor que entra no verão. Um edifício orientado corretamente reduz às necessidades de arrefecimento artificial.

A ventilação mecânica de um edifício pode ser reduzida através de uma boa orientação, promovendo uma maior utilização da ventilação natural.

Uma orientação conveniente ainda é propícia à produção de energia, viabilizando os sistemas solares fotovoltaicos (SSF) e os sistemas solares térmicos (SST), moderando com isso os custos da fatura energética.

A localização é outro ponto importante. Por exemplo, em Portugal são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3) para aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente (Figura 2.3). As necessidades de aquecimento no período de inverno aumentam de I1 à I3 ao qual correspondem aos locais com menores temperaturas. No verão, as zonas classificadas como V1 têm menos necessidades de arrefecimento do que as zonas V3 [3].

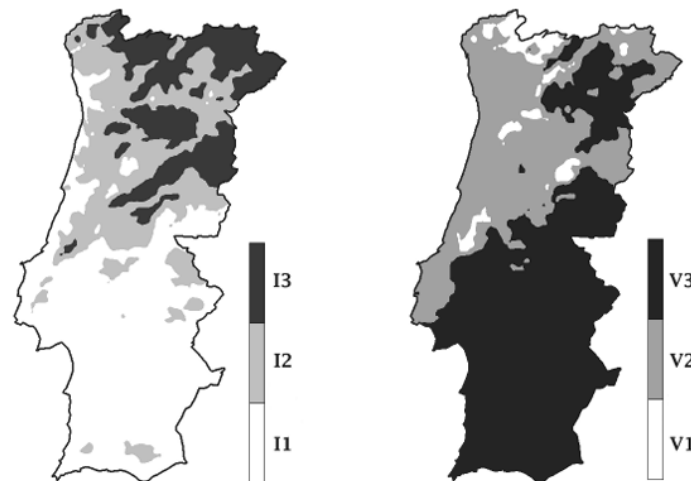


Figura 2.3 - Zonamento climático de Portugal continental [4]

2.3.2 Isolamento térmico das componentes arquitetónicas

A integração de medidas de isolamento térmico eficazes desempenha um papel crucial na promoção da eficiência energética em edifícios (EEE). Além de oferecer uma sensação ampliada de conforto aos ocupantes, sua aplicação cria uma barreira eficaz que minimiza as perdas e ganhos de calor, bem como a redução do consumo de energia e as emissões de carbono associadas.

Um projeto minuciosamente elaborado deve ter em consideração a influência de elementos construtivos e suas propriedades térmicas. Entre os quais incluem, as descritas a seguir.

2.3.2.1 Paredes

As paredes desempenham uma importância relevante na EEE, pois são responsáveis por isolar termicamente o interior do exterior.

Paredes termicamente isoladas favorecem o aquecimento no inverno e atenuam a entrada de calor durante o verão. Naturalmente, o tipo de material usado na construção e a espessura do mesmo influencia o isolamento térmico.

Materiais como tijolos, betão, e madeira são frequentemente usados devido a alta inércia térmica que fornecem.

A Figura 2.4 mostra a evolução dos tipos de paredes construídas em Portugal.

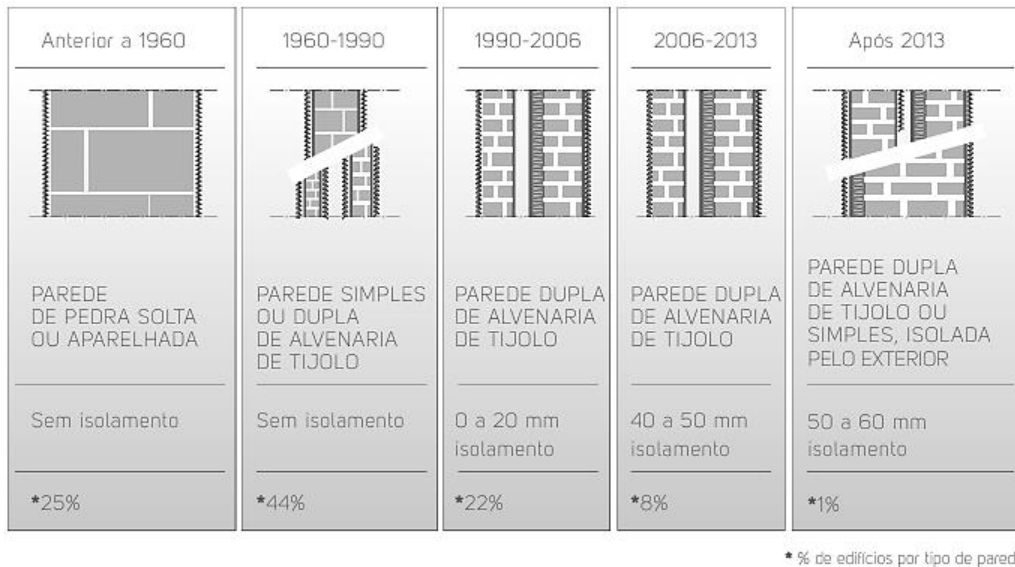


Figura 2.4 - Tipos de paredes construídas em Portugal [4]

Os níveis de isolamento adequados variam consoante a região do país. A Tabela 2.1 e a Tabela 2.2 indicam os valores mínimos exigido, regularmente.

Tabela 2.1 - Requisitos energéticos, U_w [4]

Zona Climática	I1	I2	I3
Valor do U_w [Wm ² .°C]	0,5	0,4	0,35

O coeficiente de transmissão térmica superficial de uma solução construtiva (U_w) refere-se à capacidade que esta tem em conduzir o calor do interior para o exterior da habitação. Quanto menor for este valor, melhor será o desempenho energético da solução [4].

A espessura mínima de isolamento requerida também é outro ponto a ter em conta e deve cumprir requisitos previstos pela legislação de acordo com a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Espessura de isolamento de paredes [4]

Zona Climática	Parede de Alvenaria de Pedra (<1960) -22% dos edifícios	Parede de Tijolo Simples (1960-80) - 36% dos edifícios	Parede de Tijolo Duplo (1980-95) - 42% dos edifícios	% de edifícios situados por zona climática
I1	5 a 7 cm	4 a 5 cm	3 a 4 cm	58%
I2	7 a 9 cm	6 a 7 cm	5 a 6 cm	34%
I3	8 a 10 cm	7 a 9 cm	6 a 8 cm	8%

Os valores da tabela dependem do desempenho do tipo de isolamento e podem variar em função da escolha. É importante notar que para além do isolamento deve-se valorizar outros elementos tais como a impermeabilização de maneira a evitar infiltrações, a resistência e a reação ao fogo dos materiais e ainda as características acústicas do mesmo.

2.3.2.2 Cobertura

A criação de um ambiente interno confortável e sustentável depende muito do tipo de cobertura a considerar para o projeto. Segundo a Agência para a Energia (ADENE), em média, as coberturas representam 30% das perdas de calor num edifício. A Figura 2.5 exemplifica as perdas térmicas típicas da envolvente de um edifício [4]

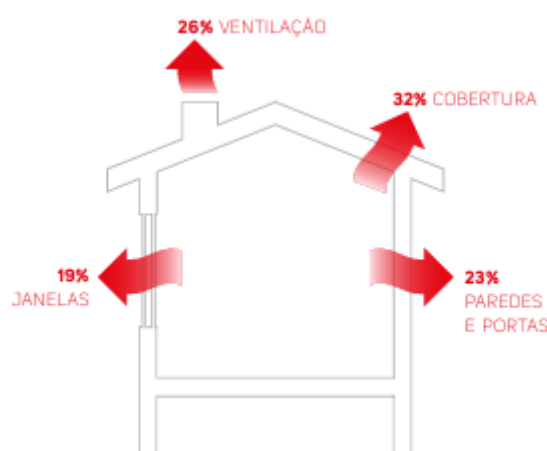


Figura 2.5 - Perdas de calor típicas de um edifício [4]

Coberturas pouco eficientes são responsáveis por elevadas perdas ou ganho de calor em situações indesejadas. Ademais a diminuição da dependência de aquecimento e arrefecimento artificial, projetar um edifício com cobertura ideal contribui para diminuição de patologias do edifício, tais como: condensações, aparecimento de fungos e bolores e aparecimento de manchas, potenciando assim a vida útil do imóvel [4].

2.3.2.3 Pavimento

A seleção do tipo de pavimento exerce uma influência significativa na EE dos espaços.

É crucial escolher materiais que possuam propriedades favoráveis ao isolamento térmico. Entre esses materiais estão a madeira, a lã de vidro, a espuma de poliuretano, o poliestireno expandido e aglomerados de cortiça, entre outros.

Optar por materiais de revestimento sustentáveis, como pisos de madeira certificada ou azulejos com propriedades isolantes, pode promover uma temperatura interna estável, reduzindo assim a necessidade de utilizar aparelhos de climatização.

Da mesma forma, considerar a instalação de sistemas de aquecimento radiante embutidos no piso pode proporcionar uma distribuição uniforme e estratificada de calor, aumentando o conforto e a eficiência do sistema.

Os pisos radiantes têm um impacto significativo na temperatura percebida pelo indivíduo, tornando-se sistemas com uma diferença de temperatura reduzida. Essa diminuição na discrepância entre a temperatura do ar dentro de um ambiente climatizado e a temperatura do ar externo possibilita uma redução na carga térmica, resultando numa economia de energia consideravelmente relevante.

2.3.2.4 Envidraçados

As tendências na construção indicam um aumento no uso de grandes aberturas envidraçadas, que representam uma parte significativa da fachada externa dos edifícios. Esses elementos, em contato direto com o ambiente externo e propensos a trocas de calor e ganhos solares, desempenham um papel crucial no desempenho térmico dos edifícios.

Segundo dados da ADENE, e a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), os vãos envidraçados têm um peso no balanço térmico global dos edifícios, de cerca de 35 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios, no inverno, e são grandes responsáveis pelos problemas de sobreaquecimento interior e por grande parte das necessidades de arrefecimento associadas à envolvente, no verão.

A composição (vidro mais caixilho) apresenta um comportamento distinto de uma envolvente opaca devido à maior capacidade de captar ganhos por radiação, sendo igualmente contabilizados os efeitos de condução e convecção. Estes ganhos são determinados através da contabilização de dois parâmetros: o fator solar (Figura 2.6) e o coeficiente de transmissão térmica. O primeiro representa a quantidade de radiação que atravessa o vidro, podendo contabilizar o efeito das proteções solares, enquanto o segundo representa o efeito das trocas de calor por convecção e condução, tendo em conta as resistências térmicas e as espessuras dos elementos [3].

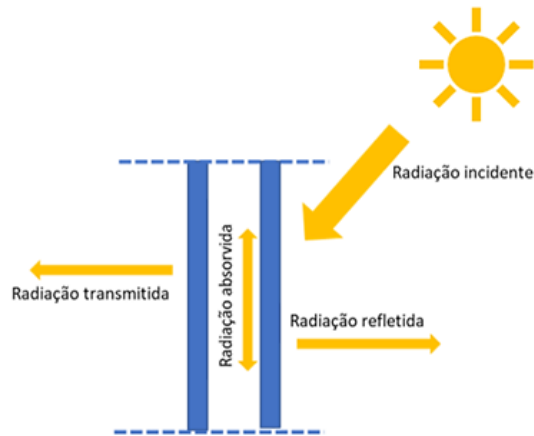


Figura 2.6 - Representação do fator solar [3]

O fator solar é a medida utilizada para saber quanto calor será absorvido. Por exemplo, se o vidro tem nível 40FS, significa que 40% do calor que entraria no ambiente, caso houvesse um vidro comum no local, seria absorvido.

O coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados tem em conta o conjunto vidro mais caixilho. Usualmente, o valor deste parâmetro é fornecido pelo fabricante ou pode consultar-se na etiqueta da janela. Caso sejam fornecidos separadamente os valores do coeficiente de transmissão térmica do vidro e do caixilho, pode determinar-se o valor de U_w recorrendo à equação 2.1) [3]:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \psi_g}{A_f + A_g} \quad (2.1)$$

Onde:

U_w – Coeficiente de transmissão térmica da janela [W/(m².°C)];

U_f – Coeficiente de transmissão térmica do caixilho [W/(m².°C)];

A_f – Área do caixilho [m²];

U_g – Coeficiente de transmissão térmica do vidro [W/(m².°C)];

A_g – Área do vidro [m²];

l_g – Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro [m];

ψ_g – Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro [W/(m.°C)] – apresentados na Tabela 2.3.

A ISO 10077-1 estabelece o valor do coeficiente de transmissão térmica linear para os diferentes tipos de vidro, ψ_g [W/(m.°C)], variando este com o tipo de caixilharia.

Tabela 2.3 - ψ_g de acordo com o tipo de vidro [3]

Classe de Inércia térmica	Vidros duplos ou	Vidros duplos ^(a) ou	Vidro simples
	triplos não revestidos (lâmina de ar ou gás)	triplos ^(b) não revestidos (lâmina de ar ou gás)	
Madeira ou PVC	0,06	0,08	
Metálica com corte térmico	0,08	0,11	0
Metálica sem corte térmico	0,02	0,05	

^(a) Um painel revestido para vidros duplos / ^(b) Dois painéis revestidos para vidros triplos.

Nos casos em que o vão envidraçado possua duas janelas é necessário determinar o valor de U_w para o conjunto, recorrendo à equação (2.2), considerando-se assim o efeito da caixa-de-ar criada entre as duas janelas [3].

$$U_w = \frac{1}{\left(\frac{1}{U_{wi}}\right) - R_{se} + R_s + \left(\frac{1}{U_{we}}\right) - R_{si}} \quad (2.2)$$

Onde:

U_{wi} – Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado interior [W/(m².°C)];

U_{we} – Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado exterior [W/(m².°C)];

R_s – Resistência térmica da caixa-de-ar [(m².°C)/W];

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior [(m².°C)/W];

R_{si} – Resistência térmica superficial interior [(m².°C)/W].

As fórmulas apresentadas são referentes a vãos envidraçados verticais exteriores. Caso o vão seja interior ou se encontre na posição horizontal será necessário efetuar a correção, atendendo às resistências superficiais. Portanto, caso um vão vertical se encontre em contacto com um espaço não útil, o valor da resistência térmica superficial exterior será substituído pela resistência térmica superficial interior pelo que deve ser feito um acréscimo na resistência térmica superficial [3].

2.3.3 Iluminação

A iluminação de um espaço transcende simplesmente fornecer uma determinada quantidade de luz ao mesmo. O conforto visual muitas vezes possui extrema importância no desenvolvimento de atividades com maior eficiência e comodidade. A temperatura da cor é outro aspeto a ponderar. As lâmpadas de temperatura quente estão associadas a ambientes que necessitam de uma iluminação mais aconchegante, como quartos e salas de estar, enquanto as lâmpadas de temperatura fria são indicadas para espaços nos quais se procura uma maior produtividade e estimulação, como escritórios e cozinhas.

A iluminação é uma consideração crítica em termos de sustentabilidade e economia de energia em qualquer que seja o tipo de edifício.

Na União Europeia (UE), o consumo de energia elétrica em iluminação no sector residencial representa mais de 12% do consumo total deste setor. Cerca de 20% da fatura de eletricidade de uma habitação é devida à iluminação e no sector dos serviços, essa percentagem, pode chegar até 60% (DGEG, 2024).

A eficiência energética da iluminação, levou a Comissão da União Europeia a solicitar ao Comité Europeu de Normalização (CEN) o desenvolvimento de uma metodologia específica para avaliar a EE na iluminação (Figura 2.7).

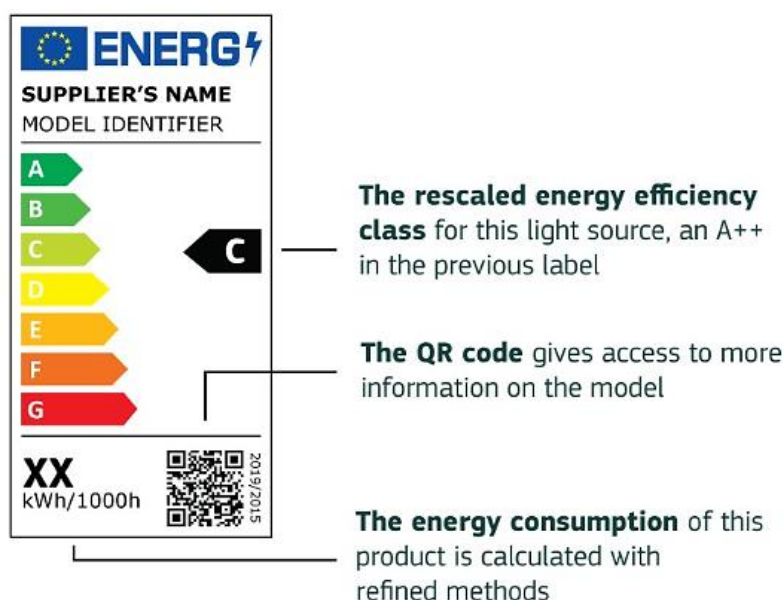


Figura 2.7 - Etiqueta energética da UE para lâmpadas [Comissão Europeia]

A publicação da EN 12464-1 sobre a iluminação interior estabeleceu os níveis de iluminância recomendáveis nos locais de trabalho.

A norma não é de seguimento obrigatório pelos Estados membros, contudo, estes são obrigados a ter normas nacionais que obriguem a EE da iluminação a ser incluída nos parâmetros de avaliação da eficiência energética global dos edifícios. A etiquetagem energética das lâmpadas estabelecida pelo Decreto-Lei nº 18/2000, tal como a que existe para os eletrodomésticos, permite ao consumidor uma escolha racional e eficiente (DGEG, 2024).

Além dos pontos mencionados anteriormente, a densidade de potência de iluminação (DPI) é crucial em projetos de iluminação, pois representa a energia consumida pelas luminárias por unidade de área. Reduzir a DPI é fundamental para a eficiência energética dos edifícios, resultando em economias significativas de energia.

Além disso, atender aos limites máximos de DPI estabelecidos por regulamentações e normas é essencial para obter certificações de sustentabilidade e garantir a conformidade com os padrões legais e ambientais. A sua redução também contribui para a sustentabilidade ambiental, diminuindo as necessidades de energia e a emissão de gases de efeito estufa, além de reduzir os custos operacionais e de manutenção.

Fora isso, os sistemas de iluminação fixa devem dispor de uma densidade de potência instalada em cada espaço, por 100 lux, DPI100lx, inferior ao seu valor máximo conforme tabelado, DPI100lx, máx, calculando-se o primeiro de acordo com a metodologia prevista no Manual SCE.

Portanto, para garantir uma iluminação adequada, é essencial refletir as necessidades de luz em cada área do edifício, levando em conta tanto a disponibilidade de luz natural quanto a necessidade de iluminação artificial. Alcançar uma EE na iluminação requer a implementação de tecnologias eficazes e inteligentes, sistemas de controle, manutenção regular, escolha de produtos certificados e a conscientização dos usuários para otimizar a economia de energia.

A Tabela 2.4 exibe de modo geral os três tipos principais de lâmpadas e as suas características.

Tabela 2.4 - Tipos de lâmpadas e características [5]

Designação		Características
Incandescentes	Halógeno	- Conversão de 5-10% de energia em luz
Descarga fluorescentes	Tubulares, compactas	- Balastros de arranque - Elevado rendimento - Baixo consumo de energia.
Outras lâmpadas de descarga	Mercúrio, Sódio, Iodetos Metálicos	- Menor consumo elétrico - Dispositivos de arranque - Variações de tensão < 5%
LED		- Uso em equipamento eletrônico - Alta potência (1 W a 30 W) - Alto fluxo luminoso

As lâmpadas incandescentes são indicadas para locais em que a iluminação é necessária por curtos períodos de tempo, de acendimentos muito frequentes permitindo-lhes ter um período de vida mais longo devido ao menor desgaste do filamento causado pelo calor gerado na lâmpada, não justificando o investimento numa lâmpada mais cara [5].

As lâmpadas de descarga têm aplicação em locais exteriores, recintos desportivos e naves industriais e a emissão do fluxo luminoso não atinge de imediato 90% do seu valor nominal (dependendo da tecnologia da lâmpada esta característica tem um comportamento diferente no arranque, conforme este é feito a frio ou a quente, demora cerca de 2 a 7 minutos) [5].

O diodo emissor de luz (LED) é caracterizado por não emitir grande quantidade de infravermelhos, consumos mínimos e pela sua elevada longevidade. Pode fornecer a mesma luminosidade de uma lâmpada comum de 60 watts, gastando apenas 3 watts [5].

3 ENQUADRAMENTO LEGAL

A gestão e a redução dos consumos de energia exigem esforços significativos, políticos e económicos. O panorama legal da EE pode divergir conforme o país e região em questão. Contudo, em diversas jurisdições, esse cenário engloba um conjunto de normativas, regulamentos e leis destinadas a fomentar a utilização eficaz de energia em variados setores, tais como edifícios, transporte e indústria.

Algumas das principais políticas e instrumentos legais comuns relacionados à EE incluem a elaboração de legislações específicas que estabelecem padrões e metas de eficiência energética, incentivos financeiros, e certificações energéticas.

Segundo a DGEG, o setor de edificações na Europa representa 40% das necessidades energéticas, sendo 27% referentes a edifícios residenciais e 13% a edifícios de serviços. Esta parcela corresponde à maior fração de consumo de energia entre os diversos setores económicos. Além disso, os edifícios são responsáveis por 36% das emissões de dióxido de carbono (CO₂), tornando a eficiência energética dos edifícios um elemento central na política de eficiência energética da EU [6].

Nesse contexto, a certificação energética possibilita que os futuros usuários obtenham informações sobre os possíveis consumos de energia, tanto para novas construções quanto para edifícios existentes ou sujeitos a grandes intervenções construtivas. Cada país pode adotar estratégias diversas conforme suas próprias necessidades, recursos e prioridades particulares.

3.1 Legislação e políticas europeias

Perante esta realidade, a legislação comunitária em matéria de desempenho energético dos edifícios (DEE) foi revista, vindo a materializar-se na Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios (em inglês “EPBD”: *Energy Performance of Buildings Directive*) e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética (em inglês “EED”: *Energy Efficiency Directive*) [6].

Este contexto visa impulsionar o DEE estabelecendo padrões mínimos de desempenho energético para novas construções e para edifícios existentes que passem por reformas significativas, além de promover a certificação energética dos edifícios. Seu objetivo primordial até 2050, é reduzir o consumo de energia nas edificações e mitigar as emissões

de Gases de Efeito Estufa (GEE) associadas à sua operação bem como o incentivo a adoção de tecnologias de energia renovável nos edifícios.

Para tentar mudar essa situação, os Estados-Membros da União Europeia estão obrigados a estabelecer condições mais eficientes em relação à sustentabilidade energética dos edifícios, transformando-os em edifícios de consumo de energia quase nulo (nZEB).

O nZEB, é um conceito definido pela EPBD e estabelece que os edifícios devem ter necessidades energéticas quase nulas, com a maior parte dessa necessidade sendo suprida por energia proveniente de fontes renováveis, de preferência gerada localmente ou nas proximidades.

3.2 Legislação nacional

Em Portugal, as leis nacionais sobre EE abrangem uma variedade de áreas e são fundamentadas em orientações da UE. Alguns desses regulamentos incluem:

3.2.1 SCE – Sistema Certificação Energética dos Edifícios

Em Portugal, a Certificação Energética de Edifícios (CEE) é obrigatória para todas as construções, sejam elas novas ou já existentes. Essa exigência decorre da adoção EPBD na legislação nacional. A CEE é conduzida por profissionais certificados, os quais avaliam o DEE por meio de uma auditoria. Essa análise leva à atribuição de uma classe energética, que varia de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente), seguindo uma lógica similar ao sistema de classificação de eletrodomésticos.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro, conforme sua redação atual, o artigo 12.º, n.º 5, estipula que os Grandes Edifícios de Comércio e Serviços (GES) devem manter um nível mínimo de desempenho energético. Caso contrário, estão sujeitos à elaboração, submissão no Portal SCE e implementação, dentro de um prazo razoável, de um Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE), conforme estabelecido pelo Despacho n.º 6476-D/2021, de 1 de julho [7].

O certificado energético inclui sugestões para aprimorar a EE do edifício. É um documento obrigatório em todas as transações imobiliárias e deve ser fornecido aos possíveis compradores ou inquilinos. Esta certificação não só educa os proprietários e possíveis compradores sobre o DEE, mas também tem como objetivo impulsionar a eficiência energética, a melhoria do conforto térmico e o acesso a financiamento e benefícios fiscais.

Antes do decreto lei 101-D/2020, o decreto-Lei nº. 118/2013 instituiu o sistema de certificação energética dos edifícios, o qual incluía o SCE. Esse decreto-lei abordava a transposição da Diretiva nº. 2010/31/UE sobre o DEE, além de estabelecer o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Portanto, esse diploma não apenas transpunha a diretiva mencionada, mas também revia a legislação nacional, resultando em melhorias na organização e abrangência ao consolidar todos os regulamentos mencionados em um único documento.

Ao estabelecer uma distinção clara entre o âmbito de aplicação do REH e do RECS, com o primeiro aplicável exclusivamente aos edifícios de habitação e o segundo aos de comércio e serviços, esse diploma simplifica o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos. Ao mesmo tempo, reconhecia as particularidades técnicas de cada tipo de edifício, focando os aspetos mais relevantes para caracterização e aprimoramento do desempenho energético.

Anteriormente, tinha já sido estabelecidos regulamentos para a implementação da legislação energética nacional que foram as diretivas de 2006, nomeadamente:

- O Decreto-Lei 78/2006 de 4 de abril, que aprovou o Sistema de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI);
- Decreto-Lei 79/2006 de 4 de abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE);
- Decreto-Lei 80/2006 de 4 de abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A Figura 3.1 simplifica os principais regulamentos associados a EEE.



Figura 3.1 - Síntese dos principais regulamentos da EEE [7]

4 DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO

4.1 Indicador de eficiência energética

O desempenho energético de um edifício comercial e de serviços é avaliado através da determinação do Indicador de Eficiência Energética (IEE), conforme as diretrizes estabelecidas no manual SCE [8].

De acordo com esta portaria, o IEE ($\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}$), é calculado somando os diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos em energia primária por unidade de área útil do pavimento interior, utilizando à equação (4.1):

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} \quad (4.1)$$

O IEE_S , representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, sendo determinado pela equação (4.2) e considerando os consumos anuais de energia por fontes de energia i , ES,i , para as funções indicadas na Tabela 4.1.

$$IEE_S = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{S,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (4.2)$$

Em que:

ES,i – Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo S [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento [m^2];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária [$\text{kWh}_{EP}/\text{kWh}$].

O IEE_T , representa os consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, de acordo com a Tabela 4.1, sendo determinado pela equação (4.3):

$$IEE_T = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{T,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (4.3)$$

Em que:

$E_{T,i}$ – Consumo de energia por fonte de energia i para os usos do tipo T [kWh/ano];

A_p – Área interior útil de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia útil para energia primária que traduz o rendimento global do sistema de conversão e transporte de energia de origem primária [kWh_{EP}/kWh].

Tabela 4.1 - Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T

Consumos no IEE_S	Consumos no IEE_T
- Aquecimento e arrefecimento ambiente, incluindo humidificação e desumidificação	- Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano
- Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hotes	- Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hotes
- Bombagem associada à preparação AQS e AQP e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis	- Bombagem em sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores não úteis
- Preparação de AQ	- Equipamento de frio, incluindo camaras de refrigeração
- Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis	- Iluminação dedicada, de emergência e exterior
	- Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S

Já o IEE_{ren} , determinado com base na produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, sendo que apenas é contabilizada a energia elétrica destinada a autoconsumo, e a energia térmica efetivamente utilizada.

$$IEE_{pr,ren} = \frac{1}{A_{ptot}} \sum (E_{ren,i} \cdot F_{pu,i}) \quad (4.4)$$

Em que:

$IEE_{ren,i}$ – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável destinada a autoconsumo nos usos regulados do edifício, por fonte de energia i [kWh/ano];

A_{tot} – Área total de pavimento [m²];

$F_{pu,i}$ – Fator de conversão de energia final para energia primária para a fonte de energia renovável i [kWh_{EP}/kWh].

Para efeitos de aplicação da presente portaria e visando os edifícios de comércio e serviços, distinguem-se, os seguintes tipos de indicador de eficiência energética:

- IEE previsto (IEE_{pr}), o qual procura traduzir o consumo anual de energia do edifício com base na localização do edifício, nas características da envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos para o edifício;
- IEE efetivo (IEE_{ef}), o qual traduz o consumo anual de energia do edifício, obtido com base no histórico de faturas de energia, e/ou alternativamente considerando os resultados de uma avaliação energética realizado numa base de tempo anual, bem como os dados provenientes de um sistema de gestão de energia;
- IEE de referência (IEE_{ref}), o qual procura traduzir o consumo anual de energia do edifício, caso este fosse dotado de soluções de referência para alguns dos elementos da envolvente e para alguns dos seus sistemas técnicos, mantendo inalteradas as demais características do edifício.

Este indicador inclui as seguintes duas parcelas da expressão geral:

$$IEE_{ref} = IEE_{ref,S} + IEE_{ref,T} \quad (4.5)$$

4.2 Métodos de determinação

Para efeitos de aplicação do manual SCE, distinguem-se os seguintes métodos para determinação do IEE de um edifício de comércio e serviços, conforme apresentado na Tabela 4.2:

- Método de previsão do IEE_{pr} por simulação dinâmica multizona;
- Método de previsão do IEE_{pr} por calculo dinâmico simplificado;
- Método de determinação do IEE_{ef} por consumo efetivo.

Tabela 4.2 - Métodos aceites para determinação do IEE

Tipo de edifício	Método	Novo	Existente	Grande intervenção
Pequeno edifício de comércio e serviços (PES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Simulação dinâmica multizona ou cálculo dinâmico simplificado (monozona)	Cálculo dinâmico simplificado (monozona)
Grande edifício de comércio e serviços (GES)	Base	Simulação dinâmica multizona	Consumo efetivo	Simulação dinâmica multizona
	Alternativo(s)	Não aplicável	Simulação dinâmica multizona	Não aplicável

4.2.1 Simulação Dinâmica Multizona

A determinação do IEE com base no método de simulação dinâmica multizona deve ser realizada por programa acreditado pela norma ASHRAE 140, desenvolvida pela Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE). Este documento estabelece diretrizes e critérios para avaliar programas de computador utilizados na análise do DEE. Abrangendo uma variedade de softwares de simulação energética, esses programas são empregados para a análise de construções para diversos propósitos, como garantir a conformidade com regulamentos de EE, avaliar estratégias para economia de energia e realizar simulações para certificação de construções sustentáveis. Esses softwares devem, no mínimo, ter a capacidade de modular:

- Mais que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias de semana e fins de semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito de massa térmica do edifício.

4.2.2 Cálculo dinâmico simplificado

O método de Cálculo Dinâmico Simplificado deve determinar o IEE_{pr} tendo por base o balanço de energia numa base horária para a estimativa das necessidades de energia em aquecimento e arrefecimento. Esse balanço é obtido tendo em consideração algumas simplificações metodológicas e pressupostos tais como:

- O cálculo das necessidades de energias para aquecimento e arrefecimento por zona térmica;
- Introdução de perfis de utilização em hora solar;
- A utilização de dispositivos de sombreamento, sempre que a fachada possua mais de 300 W/m² de radiação solar incidente;
- O cálculo do fator solar, dos fatores de obstrução, fração envidraçada, coeficiente de redução de perdas de espaços complementares e edifícios adjacentes, os coeficientes de absorção à radiação solar da envolvente opaca e pontes térmicas planas e dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente exterior, interior e em contato com o solo é feito de acordo com o estabelecido no REH.

4.2.2.1 Consumo efetivo

Relativamente ao método do consumo efetivo, o IEE_{ef} é calculado a partir do consumo médio anual de energia final (E_f), por fonte de energia (i), expresso em kWh, e tendo em conta o respetivo fator de conversão para energia primária ($F_{p,i}$) e a área útil de pavimento do edifício, equação (4.6).

$$IEE_{ef} = \frac{1}{A_p} \sum_i (E_{f,i} \cdot F_{p,i}) \quad (4.6)$$

Para a determinação do consumo médio anual de energia final por fonte de energia e de consumo anual desagregado por tipos de utilização, considera-se cumulativamente as seguintes formas ou fontes de informação:

- Faturas de energia e/ou registos de contagem de energia de 36 meses de utilização ou de 12 meses, no mínimo, e que representem o funcionamento normal do edifício;
- Resultados de uma avaliação energética, bem como os dados provenientes de um sistema de gestão de energia.

4.3 Classe energética de edifícios de comércio e serviços

De acordo com o manual SCE, a classe energética de um edifício comercial e de serviços é estabelecida com base no rácio de classe energética (R_{IEE}), que é calculado como a relação entre os indicadores de eficiência energética do tipo S previsto, considerando o contributo de fontes de energia renovável, e o indicador de referência, conforme a equação (4.7).

A classe energética é determinada pela correspondência entre o valor do R_{IEE} , e os intervalos indicados na Tabela 4.3 [8].

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad (4.7)$$

Onde:

IEE_S – Indicador de Eficiência Energética, obtido de acordo com o disposto na Tabela 4.3, consoante o tipo de edifício e se se trata de novo, existente ou sujeito a grande intervenção relativamente aos consumos do tipo S;

$IEE_{ref,S}$ – Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S;

IEE_{REN} – Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis.

Tabela 4.3 - Formas de cálculo do IEE_S (Despacho n.º 15793-J/2013, 2019)

Forma de cálculo do IEE_S			
Tipo de edifício	Novo	Existente	Grande intervenção
PES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$

De acordo com o valor do R_{IEE} , determina-se a classe energética de acordo com os critérios estabelecidos na Tabela 4.4, tanto para pequenos, tanto para grandes edifícios comerciais e de serviços. Deve-se arredondar à duas casas decimais, sendo a classe a atribuir aquela que corresponder à condição verdadeira verificada numa escala de 8 classes possíveis.

Tabela 4.4 - Classe energética de acordo com R_{IEE} [8]

Classe Energética	Valor do R_{IEE}
A+	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{IEE} \leq 0,75$
B-	$0,76 \leq R_{IEE} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{IEE} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} \geq 2,50$

4.3.1 Certificado energético

O certificado energético (CE) é um documento que avalia a eficiência energética de uma casa ou de um edifício qualquer numa escala que varia de F (pouco eficiente) a A+ (muito eficiente), emitido por Peritos Qualificados (PQ). O mesmo inclui informações sobre as características do edifício, tais como isolamento das janelas, ventilação, sistema de climatização e produção de águas quentes sanitárias (AQS), e como esses elementos afetam o consumo de energia. Aponta medidas de melhoria para diminuir o consumo de energia, aumentar o conforto e promover a saúde.

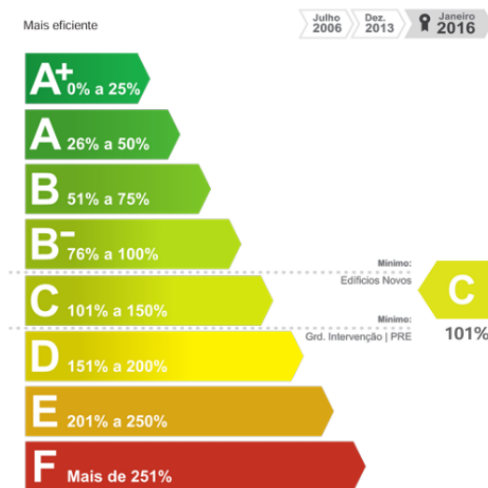


Figura 4.1 - Classe energética de um edifício extraído de um CE [9]

Destacar que, qualquer proprietário de um edifício pode pedir um CE para o seu imóvel, no entanto, este é obrigatório para alguns casos como edifícios novos, edifícios existentes sujeitos a grande renovação, etc [9]. O Anexo A revela detalhes de um típico CE.

5 AUDITORIA ENERGÉTICA - CASO DE ESTUDO

5.1 Introdução

A auditoria energética ao caso de estudo caracteriza-se por uma avaliação prática e detalhada do consumo de energia da instalação, com o principal objetivo é identificar oportunidades de melhoria e otimização dos recursos energéticos, que deve obedecer a uma sequência de procedimentos fundamentais para sua efetivação.

Primeiramente, deve-se fazer um planejamento e uma preparação prévia, com definição de objetivos e coleta de dados preliminares que posteriormente deverão ser analisados. Outra fase importante é a inspeção no local, que inclui visitas à instalação e a realização de medições e monitoramento. Depois, identificam-se oportunidades de melhoria, analisando o consumo e identificando ineficiências. Numa etapa final, desenvolvem-se recomendações, com propostas de melhoria e avaliação de custos e benefícios, e elaboração de um relatório final, que inclui um plano de ação.

5.2 Recolha e tratamento de informação

A recolha de informações fez-se por meio de várias visitas ao edifício e através da revisão dos documentos do projeto de construção. Para viabilizar a análise energética do edifício, precisou-se fazer a revisão das plantas arquitetónicas, permitindo uma análise detalhada da disposição física e estrutural. Além disso, examinou-se os dados de consumo de energia, abrangendo eletricidade, gás e outros recursos, para identificar padrões de uso e áreas de desperdício.

A iluminação, os equipamentos e os sistemas de climatização foram minuciosamente avaliados para determinar sua eficiência e impacto no consumo de energia. Por fim, a utilização dos espaços e a envolvente construtiva.

Uma vez coletados todos os dados, procede-se à utilização das simulações dinâmicas para modelar o comportamento de sistemas ao longo do tempo, permitindo prever cenários futuros e avaliar o impacto de diferentes variáveis sobre o resultado final.

Além das simulações dinâmicas, as folhas de cálculo mostraram-se uma ferramenta valiosa para realizar análises estáticas e dinâmicas de dados. Elas permitem organizar, manipular e calcular grandes volumes de informações de forma eficiente, facilitando a visualização de padrões e tendências.

5.3 Descrição do edifício

A Pousada de Juventude de Bragança, localizada em um extremo da cidade de Bragança, é o edifício em análise. O terreno é delimitado ao sul pela estrada que dá acesso à própria pousada, e é também ao sul que se encontra o enquadramento mais interessante, oferecendo uma vista panorâmica da cidade de Bragança.

Trata-se de um edifício de serviços, localizada na avenida 22 de Maio, construída em 1999 e que faz parte de uma rede global de alojamento, pensada para proporcionar experiências turísticas, culturais e de convivência. A Figura 5.1 mostra o edifício.



Figura 5.1 - Pousada da Juventude de Bragança

A entrada principal do edifício está orientada para Norte, que conduz ao átrio principal e à receção. A edificação apresenta uma geometria predominantemente retangular composta por três pisos. O revestimento é feito numa conjugação entre a pintura branca da alvenaria nos pisos superiores e o revestimento em pedra de escassilhada no piso térreo, criando um forte embasamento ao edifício.

A área que se situa mais a Nascente do terreno é de utilização recreativa, que engloba dois *courts* de ténis, um pequeno anfiteatro e um jardim.

O piso zero representa a área mais funcional, abrigando a parte administrativa e de restauração, além de outras instalações que visam o bem-estar dos ocupantes.

Os pisos superiores são dedicados essencialmente aos alojamentos. As camaratas desenvolvem-se a Sul, ficando a zona Norte ocupada maioritariamente por acessos de serviço, arrumos e balneários, enquanto que os quartos duplos se posicionam na direção Este/Oeste.

Ainda relativamente aos pisos superiores, o acesso para pessoas de mobilidade reduzida é assegurado através de um elevador hidráulico.

A construção manteve a sua estrutura original sem alterações construtivas, porém, passou por mudanças decorativas ao longo dos tempos. A distribuição dos espaços por andar está detalhada na tabela do Anexo B. Já as plantas correspondentes podem ser encontradas no Anexo C.

A pousada enquadra-se na categoria de GES, devido a sua área útil de 2102,08 m², que está conforme o Decreto-Lei n.º 118/2013 o qual define um grande edifício de comércio e serviços cuja área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, iguale ou ultrapasse 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas. A Tabela 5.1 mostra a distribuição das áreas da pousada.

Tabela 5.1 - Distribuição das áreas da pousada

PISO	ÁREA [m²]
0	806,00
1	760,46
2	535,62
Total	2102,08

5.4 Zona Climática

O zonamento climático do país baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS) de nível III de acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013.

O edifício em estudo enquadra-se no NUTS III, designado por Terra de Trás-os-Montes.

As zonas climáticas de inverno são categorizadas com base no número de graus-dia (GD), a uma temperatura base de 18°C, correspondente a estação de aquecimento, conforme a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno

Critério	GD ≤ 1300	1300 < GD ≤ 1800	GD > 1800
Zona	I1	I2	I3

Os valores dos parâmetros climáticos (GD) associados a um local específico são derivados dos valores de referência (GD_{ref}) designados para cada subdivisão NUTS III. Esses valores de referência são então ajustados com base na altitude (z) do local em questão. As correções de altitude mencionadas são aplicadas de forma linear, com um declive (α) que é proporcional à diferença entre a altitude do local e uma altitude de referência (z_{ref}) para a subdivisão NUTS III específica, segundo a equação (5.1).

$$GD = GD_{ref} + \alpha(z - z_{ref}) \quad (5.1)$$

No contexto, GD_{ref} correspondentes à estação convencional de aquecimento para Terra de Trás-os-Montes, é de 2015°C. O parâmetro α é de 1400 °C/km. A altitude do local onde está situado o edifício é de 714 m, e z_{ref} é de 680 m.

Após realizar os cálculos, obteve-se um valor de 2491°C, o que indica que o local se enquadra na zona I3, conforme especificado na tabela acima.

As zonas climáticas de verão são definidas a partir da temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$) correspondente à estação convencional de arrefecimento, conforme a Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Critérios para a determinação da zona climática de verão

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^\circ\text{C}$	$20^\circ\text{C} < GD \leq 22^\circ\text{C}$	$GD > 22^\circ\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Como $\theta_{ext,v}$, é 21,5, então o edifício em estudo encontra-se na zona climática de verão V2, de acordo com a tabela 05 do mesmo despacho.

5.5 Ocupação e horários

A densidade de ocupação afeta diretamente a carga térmica interna do edifício. No caso da pousada, com capacidade para 88 pessoas e frequentemente ocupada por um grande número de estudantes, esse fator é significativo. Além disso, o uso expressivo de iluminação e equipamentos eletrônicos pelos estudantes agrava ainda mais o consumo de energia. A média de ocupação da pousada no inverno é cerca de 50 pessoas e no verão este valor acresce mais ou menos 40%.

No decorrer do estudo realizou-se um pequeno inquérito envolvendo 13 ocupantes, com o objetivo de avaliar as suas preferências em relação à ventilação. A pesquisa consistiu em uma única pergunta: "Você prefere ventilação natural ou forçada por sistemas?". Com os resultados, ficou evidente que a ventilação natural dos ambientes e a qualidade do ar

são essenciais para eles, (+75% dos questionados). A forma como os ocupantes interagem com o ambiente, como abrir janelas ou usar persianas, pode impactar o isolamento térmico e a eficiência dos sistemas de climatização.

Os níveis de presença de pessoas em um espaço influenciam diretamente à EEE. Quando a ocupação é alta, há um aumento na procura de energia o que eleva o consumo. Em contrapartida, durante períodos de baixa ocupação, ajustar o uso de sistemas energéticos pode reduzir desperdícios e melhorar a eficiência.

A Tabela 5.4 apresenta os níveis médios diários de presença dos ocupantes no edifício.

Tabela 5.4 - Nível de ocupação da pousada

Horas	Nível de ocupação
Até às 07:00	100%
Até às 08:00	90%
Até às 09:00	50%
Até às 12:00	40%
Até às 18:00	35%
Até às 20:00	75%
Até às 22:00	100%
Até às 24:00	100%

Relativamente aos horários, houve a necessidade de estabelecer no *software* horários padrões com o objetivo de simular com maior precisão os consumos reais, foi necessário estabelecer horários para o funcionamento dos sistemas, equipamentos e ocupação do edifício.

Já os sistemas de aquecimento estão programados para operar somente durante o inverno. Quando o frio é mais intenso, funcionam o dia inteiro. Na fase intermediária do inverno, operam das 06h às 12h e das 16h às 01h. No final da estação, ligam-se das 07h às 11h e das 17h às 23h. Os demais equipamentos receberam horários de utilização baseados nas observações do estudo. Além disso, os horários foram ajustados para refletir as variações na quantidade de pessoas presentes ao longo do dia.

Em termos de densidade ocupacional, se o edifício estiver completamente cheio, verifica-se que a ocupação total é de aproximadamente 0,042 ocupante/m².

5.6 Iluminação

A iluminação do edifício é assegurada exclusivamente por lâmpadas LED, muitas com sensores de presença, de vários modelos e potências. A maioria das luminárias são painéis de 12 W e A60 de 9 W. Estas últimas são amplamente utilizadas nos espaços de circulação pública e nos ambientes das instalações sanitárias e balneários, respetivamente.

A tipologia das lâmpadas usadas no edifício regista-se na Figura 5.2.

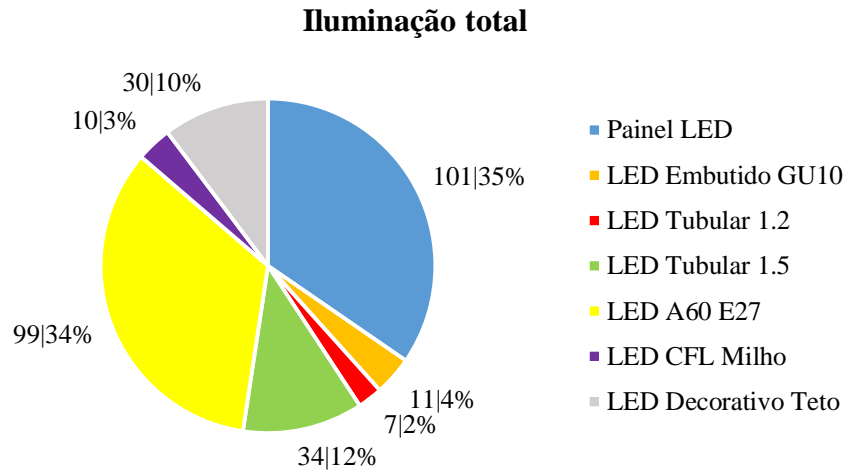


Figura 5.2 - Iluminação existente na pousada

A desagregação da iluminação por pisos pode ser visualizada na Figura 5.3. A análise luminotécnica, juntamente com a densidade luminosa em cada área, pode ser observada no Anexo D e Anexo E, respetivamente, levando em consideração o tipo de lâmpada presente em cada área, assim como a potência consumida por cada uma delas.

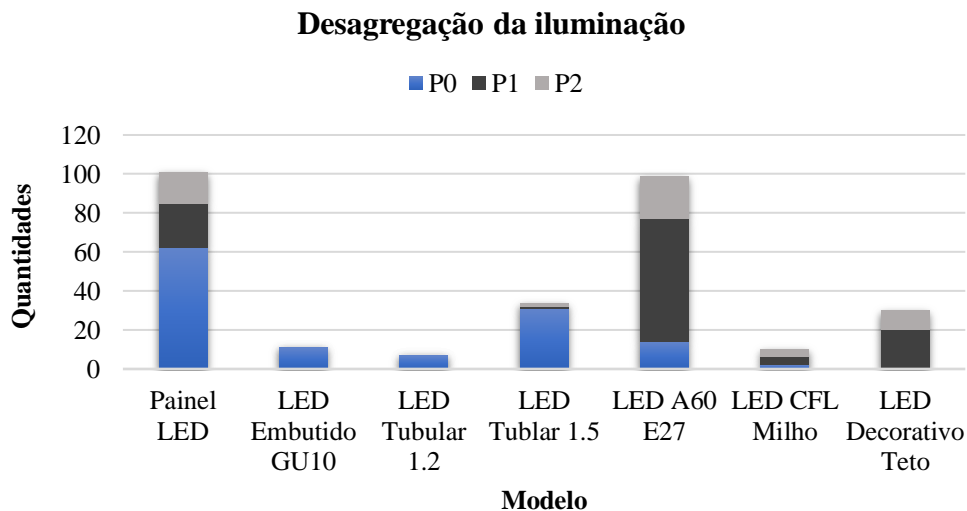


Figura 5.3 - Desagregação da iluminação da pousada

5.7 Sistemas de climatização

5.7.1 Aquecimento central

O aquecimento do edifício é assegurado por radiadores fixos à parede, em que a água é aquecida por uma caldeira de 80 kW, alimentada a gás propano. O comando de funcionamento do queimador de cada módulo é automático, funcionando através de termóstato de serviço e outro de segurança em função da temperatura da água da caldeira.

Os locais dotados de aquecimento central são os seguintes:

- Quartos – Potência de aquecimento: 1,7 - 2,5 kW (potência varia em função da área, da localização e envolvente)
- Instalações sanitárias – Potência de aquecimento: 0,6 - 2,5 kW (potência varia em função da área, da localização e envolvente)

5.7.2 Dispositivos de ventilação

O edifício possui diversos sistemas de renovação do ar em muitos compartimentos, no entanto, não foi possível identificar a operacionalidade dos mesmos.

5.7.3 Ar condicionado

O balanço térmico para o dimensionamento do ar condicionado (AC), foi efetuado tendo em conta os elementos referentes à caracterização térmica da envolvente, à orientação e implantação do edifício, e ao tipo e horário de exploração previsíveis.

O AC instalado é do tipo split cassette embutido no teto. Com base nos valores típicos para este tipo de utilização e considerando os elementos disponíveis, as cargas são:

- Sala polivalente: Potência de arrefecimento 23 kW / Potência de aquecimento 18 kW;
- Refeitório: Potência de arrefecimento 17,4 kW / Potência de aquecimento 17 kW;
- Sala de convívio (bar), receção e átrio: Potência de arrefecimento 16 kW / Potência de aquecimento 16 kW.

Existem aberturas, de forma a processar a ligação entre as condutas e os difusores e grelhas que estão colocados nos tetos falsos.

De salientar que, de momento, apenas os AC da sala polivalente e do refeitório estão funcionais e estes são ligados excecionalmente quando há necessidade.

5.8 Sistemas AQS

A produção de águas quentes sanitárias é realizada através da caldeira destinada a essa função (104kW) apoiada por um permutador de placas que ligam a um depósito de acumulação de 2500 litros.

A circulação entre a caldeira e o permutador é feita pelo circulador do circuito primário e variação da temperatura da água no circuito primário é efetuada através de uma válvula motorizada de três vias medulante, com controlador e sensor de temperatura no circuito secundário. A circulação entre o depósito de acumulação e o permutador de placas (circuito secundário) é realizado por um grupo circulador comandado por termostato.

Importante referir que, de acordo com a necessidade e a estação do ano as caldeiras podem trabalhar em cascata, em vez de trabalharem independentemente, isso significa que elas podem operar de maneira sequencial ou coordenada para atender a necessidade de aquecimento ou produção de AQS.

5.9 Equipamentos

Os equipamentos inerentes às atividades da pousada correspondem a um consumo relevante para sua análise de eficiência do desempenho energético do edifício. O levantamento dos consumidores de energia do edifício fez-se por meio da inspeção individual em cada compartimento. Neste levantamento, não foram considerados os equipamentos pessoais de cada ocupante, devido à especificidade desses itens, cujas potências e tempos de utilização não são conhecidos. A Tabela 5.5, pretende mostrar a dimensão da potência instalada no edifício.

Tabela 5.5 - Potência instada em equipamentos

Equipamento	Potência instalada [kW]
Preparação alimentar	80,05
Higienização têxtil	33,47
Climatização (AQS e A.C)	184
Restantes	2,63
Total	300,15

Detalhes sobre todos os equipamentos podem ser encontradas no Anexo F, assim como a densidade energética por zonas do edifício.

5.10 Consumos e custos energéticos

A análise dos consumos energéticos é essencial para compreender sua eficiência operacional e seu impacto ambiental. Os consumos do edifício derivam exclusivamente da eletricidade, crucial para todos fins, e do gás propano, fundamental para necessidade de aquecimento, AQS e cozinha. Seguem-se os detalhes sobre a análise realizada das referentes fontes.

5.10.1 Consumo de eletricidade

Para efetuar a análise, recorreu-se às faturas de energia elétrica do ano de 2023, disponibilizadas pelos responsáveis da pousada. O fornecimento de energia elétrica é caracterizado através da Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Situação energética contratual da pousada

Situação Contratual Energética	
Horário de contagem	Tetra-Horário
Ciclo Horário	Diário
Potência Contratada	41,41 kVA (BTE)

O tratamento dos dados possibilitou a elaboração do gráfico da Figura 5.4, o qual retrata o consumo durante o ano de 2023. Esta representação é instrumental para ampliar o entendimento global sobre o funcionamento da pousada.

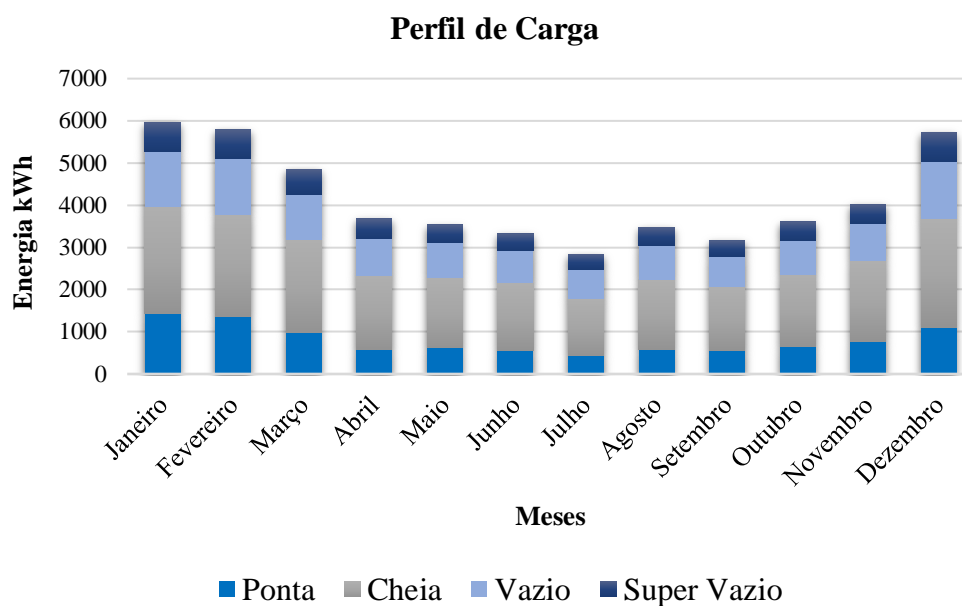


Figura 5.4 - Energia ativa consumida (2023)

Durante a estação de inverno, a fatura de eletricidade apresenta um aumento considerável. Este aumento pode ser atribuído a diversos fatores sazonais, como o uso mais frequente dos equipamentos de arrefecimento, nomeadamente os AC, para garantir o conforto térmico dos hóspedes nas zonas onde o justifiquem. Além disso, o menor número de horas de luz solar durante os dias mais curtos requer uma dependência maior de iluminação artificial durante todo o dia.

Analisando o gráfico anterior, nota-se que o mês de janeiro corresponde ao mês de maior consumo de energia, resultado de uma combinação de todos fatores anteriormente mencionados, todos contribuindo para o pico de consumo anual. Através das Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7, consegue-se perceber que as horas de maior consumo são entre as 08-10h e 12-15h.

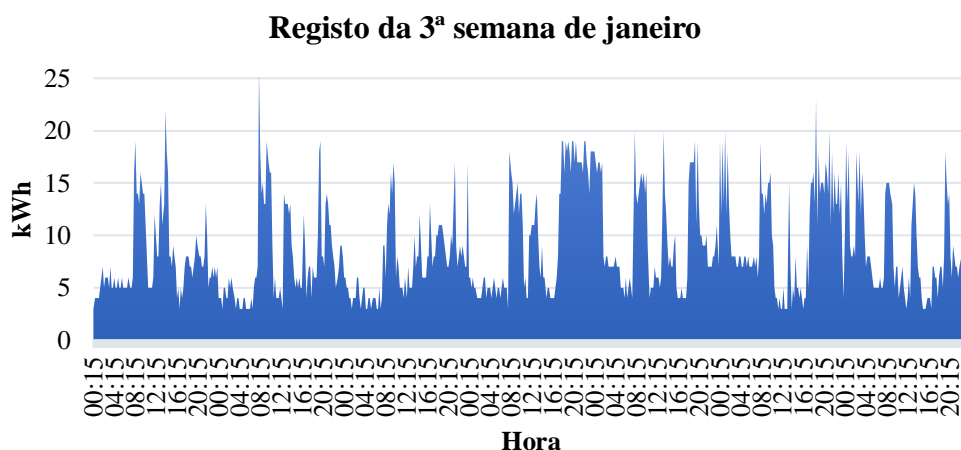


Figura 5.5 - Consumo de ativa (3ª semana de janeiro)

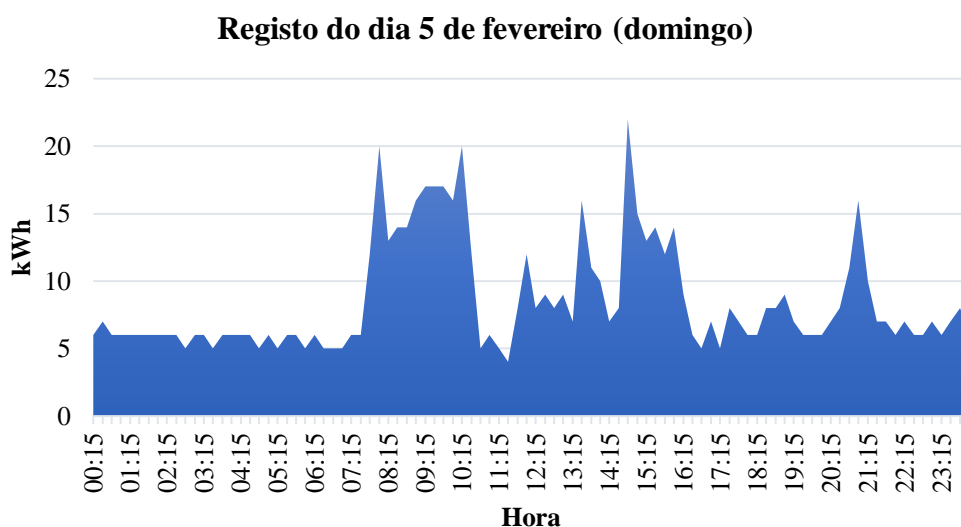


Figura 5.6 - Consumo de energia ativa (5 de fevereiro)

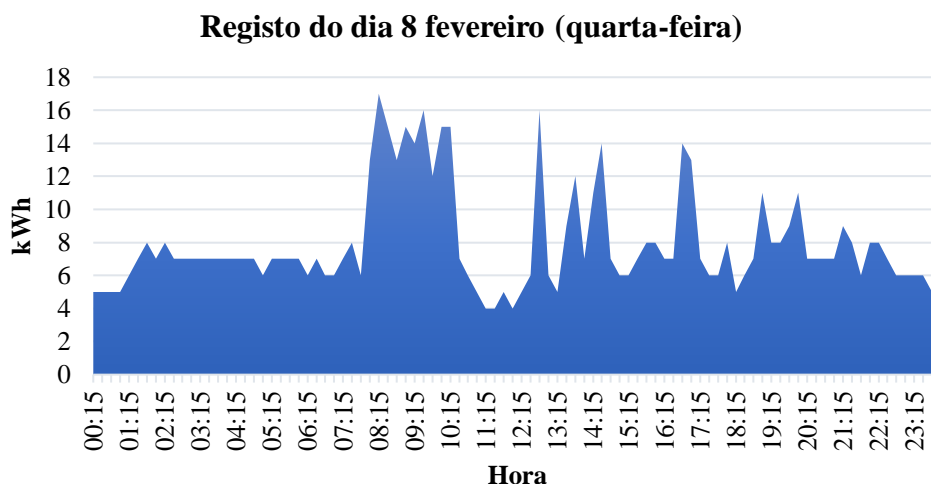


Figura 5.7 - Consumo de energia ativa (8 de fevereiro)

Relativamente aos meses de verão, conforme evidenciado na Figura 5.4, nota-se um decréscimo típico dos consumos de eletricidade. Essa redução se deve principalmente ao menor consumo de energia elétrica durante a estação. Observa-se que no mês de agosto houve um pequeno acréscimo devido à necessidade de arrefecimento nesse período.

No Anexo G são discriminadas mais dados relativos ao consumo de energia elétrica.

Os custos de eletricidade são uma preocupação central para os edifícios, influenciados não só pelo consumo, como pelo contrato e as tarifas associadas ao mesmo. Entender esses custos é essencial para otimizar o uso de energia e reduzir despesas. Os dados sobre a faturação mensal e a distribuição dos custos anuais da pousada podem ser visualizados na Figura 5.8 e na Tabela 5.7, respetivamente.

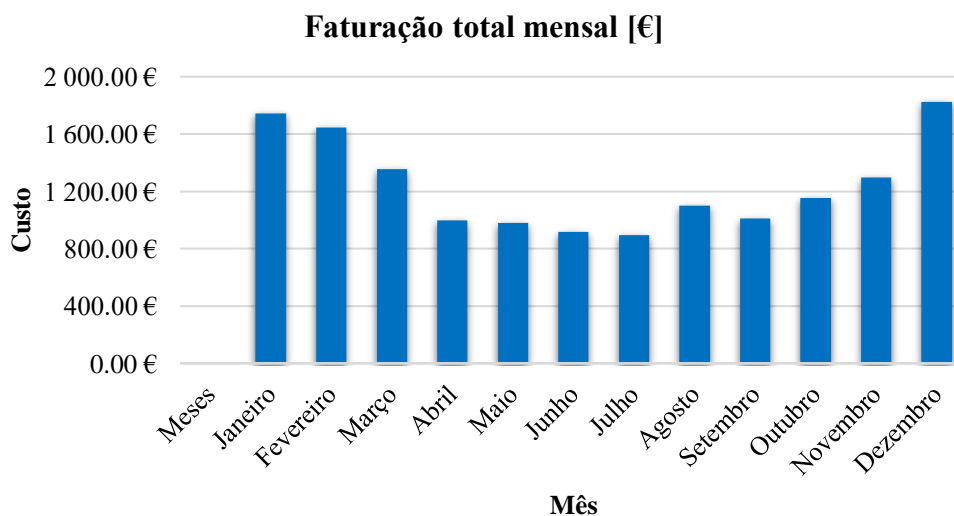


Figura 5.8 - Faturação elétrica 2023 da pousada

Tabela 5.7 - Repartição da fatura total 2023

	Faturação total [€]	Contributo [%]
Ponta	2 845,41 €	19,1%
Cheia	5 970,64 €	40,0%
Vazio	2 479,23 €	16,6%
Super Vazio	823,90 €	5,5%
Total dos períodos	12 119,17 €	81,2%
Potência Contratada	295,44 €	2,0%
Potencia nas Horas Ponta	1 171,28 €	7,8%
Taxas/Impostos	1 337,38 €	9,0%
Fatura 2023	14 923,27 €	

Esta tabela destaca como o período de cheia é responsável pela maior parte dos custos de eletricidade, representando 40% do total. Isso ocorre porque esse período abrange mais horas do que os outros e coincide com o horário normal de funcionamento de um edifício de serviços. Os consumos de ponta também contribuem significativamente, enquanto que, o período de super vazio, que vai das 2h00 às 6h00, apresenta o menor consumo energético, pois corresponde ao período de menor atividade da pousada. As taxas e impostos adicionais representam um quinto dos custos totais. Outras informações adicionais sobre a faturação da eletricidade estão disponíveis no Anexo H e no Anexo I.

5.10.2 Consumo de gás

A pousada utiliza o propano como fonte de energia, utilizado em diversos equipamentos de preparo dos alimentos, higienização têxtil e nas caldeiras para aquecimento e AQS.

Relativamente ao ramal de ligação, a rede tem início num reservatório, localizado no exterior, com a capacidade de 748 m³. O abastecimento deste depósito é feito consoante as necessidades, isto é, ao atingir-se um determinado nível baixo procede-se ao reabastecimento. De referir que o consumo diário do gás geralmente obedece um padrão sendo, 2-4% no inverno e 1% no verão. Em 2023, a pousada teve um consumo total de 238.257 kWh.

A Figura 5.9 apresenta os dias em que foram feitos o reabastecimento e os respetivos valores de acordo com as necessidades ao longo do ano de 2023. Outras particularidades relacionadas ao consumo e à faturação do gás estão disponíveis no Anexo J.

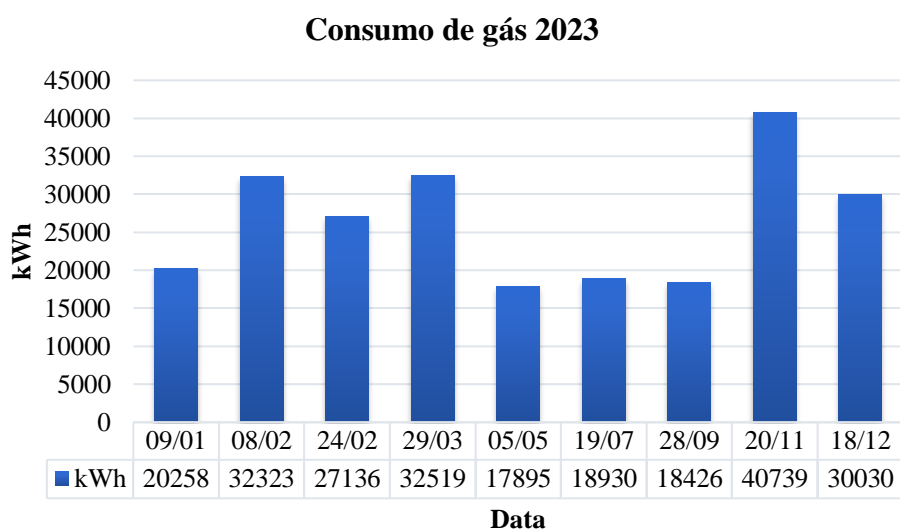


Figura 5.9 - Consumos de gás 2023

5.11 Emissões de CO₂ associados

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, para determinar as emissões equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) de um edifício, é essencial converter o consumo de energia final (energia elétrica e gás propano) em energia primária.

Esse processo utiliza fatores de conversão por kWh de energia primária (kWh_{EP}) estabelecidos pela legislação, sendo que para a eletricidade é de 2,5 kWh_{EP}/kWh e para todos os combustíveis não renováveis sólidos, líquidos e gasosos, incluindo o gás propano, o fator de conversão é de 1 kWh_{EP}/kWh.

Na determinação das emissões de CO₂ associadas ao consumo de energia nos edifícios, os fatores de conversão de energia primária para emissões são, segundo a Tabela 5.8:

Tabela 5.8 - Fatores de Conversão das emissões de CO₂ [10]

Fonte de energia	Fator de conversão [kgCO ₂ /kWh]
Eletricidade	0,144
Gasóleo	0,267
Gás Natural	0,202
GPL canalizado (propano)	0,17
GPL garrafas	0,0
Renovável	0,0

Conforme a tabela do Anexo G confirma-se que o consumo total de eletricidade do edifício foi de 49.985 kWh. Já para o gás propano, o consumo total do ano de 2023 foi de 238.257 kWh.

Portanto, feito os cálculos, verifica-se pela seguinte tabela que, as atividades associadas ao edifício resultaram na emissão de uma quantidade de GEE equivalente a mais 58 toneladas de CO₂ no ano de 2023, do qual o propano contribui em mais do dobro.

Tabela 5.9 - Emissões de CO₂ da pousada

	Energia Primária (kWh_{EP})	Emissões de Dióxido de Carbono (tonCO_{2e})	Contributo (%)
Eletricidade	124.962,5	17,99	31%
Gás Propano	238.257	40,50	69%
Total	363.219,5	58,49	

5.12 Indicador de eficiência energética

A determinação IEE é realizada por meio da análise da fatura energética do ano em questão, conforme o método descrito no tópico 4.1, resultando em um valor de 172,79 kWh_{EP}/m². ano (Tabela 5.10). Este valor indica que, em média, cada metro quadrado da área considerada consome 172,79 quilowatt-hora de energia primária por ano.

Tabela 5.10 - Indicador de eficiência energética

Área [m ²]	Energia final [kWh]			Energia Primária [kWh _{EP}]			IEE [kWh _{EP} /m ² .ano]
	Eletricidade	Propano	Total	Eletricidade	Propano	Total	
2102,08	49.985	238.257	288.242	124.962,5	238.257	363.219,5	172,79

Após obter esse valor e compará-lo com os resultados da simulação dinâmica multizona do edifício, realizada com o software *DesignBuilder* (DB), é possível determinar o R_{IEE} e, conseqüentemente, estabelecer a classe energética.

6 SIMULAÇÃO DINÂMICA

A simulação dinâmica é uma técnica de análise do desempenho energético que permite quantificar os potenciais consumos de energia de um edifício e seus sistemas em determinadas condições de uso e operação. Com esse método, é possível determinar aspetos como as necessidades de aquecimento e arrefecimento, além dos ganhos internos advindos da utilização do edifício e dos elementos externos. Dessa forma, a simulação dinâmica torna-se uma ferramenta essencial para testar diferentes soluções de projeto, bem como alternativas para a operação e gestão dos edifícios.

6.1 Construção do modelo em *Design Builder*

Concluída a recolha dos dados característicos e energéticos do edifício, segue-se a construção do modelo utilizando o DB, incorporando todos os dados previamente recolhidos, a fim de refletir com aproximação as condições reais de funcionamento, assim como as suas características de construção, garantindo que a simulação seja o mais fidedigna possível, permitindo-se um desvio entre o consumo real e o consumo obtido por simulação igual ou inferior a 10%, conforme subalínea x) da alínea g) do n.º 2 do Anexo do Despacho n.º 6476-D/2021, de 1 de julho, considerando-se desta forma o modelo validado.

Utilizando as plantas em papel do edifício, foi possível desenhar os contornos de cada piso, definindo blocos e zonas térmicas, a fim de dar forma à construção, como ilustrado na Figura 6.1. É importante ressaltar que, é possível exportar ficheiros de outros softwares, como o AutoCAD, o que simplifica o processo de construção do modelo.



Figura 6.1 - Construção 3D do edifício DB

No modo de Visualização, é possível observar o edifício com as cores da envolvente previamente definidas, incluindo sombreamento e outros detalhes de relevo. Nesse mesmo modo, é igualmente possível examinar o diagrama solar para analisar o impacto das sombras projetadas pelo edifício e pelos edifícios próximos, os quais possam afetar significativamente os ganhos solares do edifício em análise e, por conseguinte, suas necessidades energéticas.

A Figura 6.2 ilustra a representação descrita para o dia 20 de maio às 15:00.

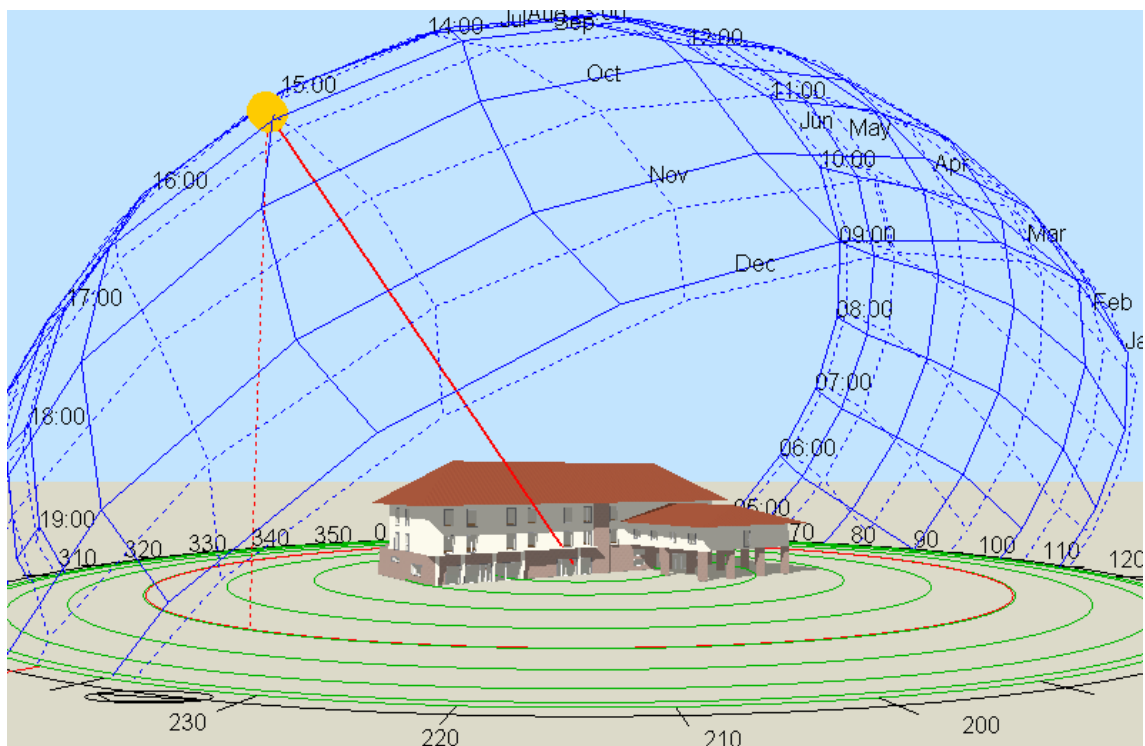


Figura 6.2 - Modo *visualise* do edifício DB

6.2 Configurações do modelo

Foram integradas todas as especificidades da envolvente, iluminação, ocupação, equipamentos e sistemas de climatização mencionados nos capítulos anteriores para a construção do modelo geométrico e a caracterização do edifício, com o intuito de alcançar um modelo o mais realista que se possa obter.

Inicialmente, é crucial selecionar a localização, pois esta influencia diretamente nos resultados obtidos. O programa atribui a cada cidade um conjunto de dados climáticos de sua base, o que possibilita resultados mais precisos, uma vez que o clima local tem um impacto significativo nas necessidades de aquecimento e arrefecimento.

Seguidamente, no separador ‘*activity*’, faz-se a configuração do modelo de atividade padrão do edifício. Os dados neste separador permitem-lhe definir a atividade (utilização) das zonas, incluindo informações sobre a ocupação do edifício, controlo ambiental, AQS, etc.

Um dos parâmetros mais importantes a serem configurados é no separador ‘*construction*’, onde pode-se abrir as caixas de cabeçalho do grupo para editar a composição detalhada da construção de paredes, telhados, pisos, tetos, divisórias, etc., utilizados no edifício.

A realização da configuração destes parâmetros deu-se mediante ao apoio do mapa de medição do projeto do edifício. A Figura 6.3 e a Figura 6.4 exibem o separador referido e a solução construtiva definida para as paredes externas geral do edifício, respetivamente.

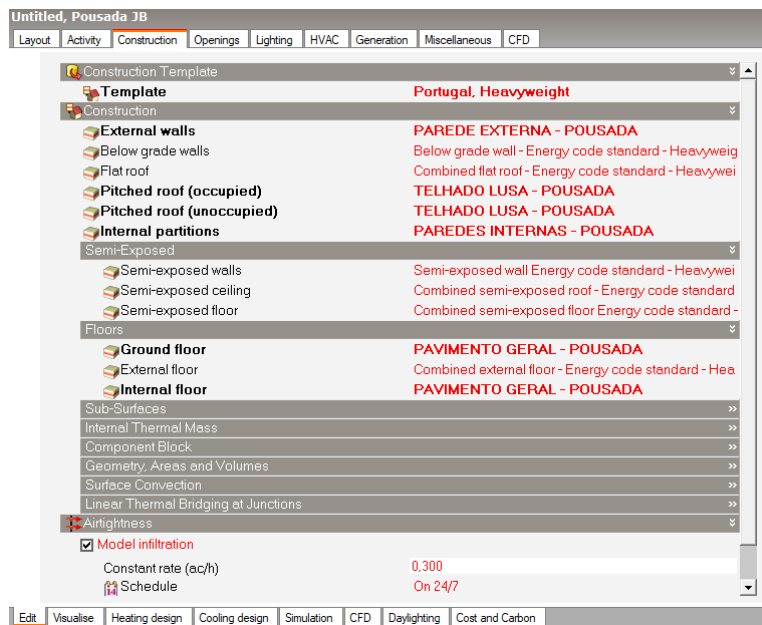


Figura 6.3 – Separador ‘*construction*’ DB



Figura 6.4 – Constituição da parede externa DB

No separador ‘*openings*’, introduzem-se dados referentes às aberturas do edifício. O termo abertura é utilizado no DB para descrever qualquer abertura na estrutura principal do edifício, como por exemplo os vãos envidraçados (janelas). Estas são modeladas como exceções à construção da superfície principal.

Com o auxílio a um medidor de espessura de vidros, conseguiu-se determinar as espessuras dos vãos envidraçados do edifício, caracterizando-os como vidro duplo incolor 6 x 8 x 5mm. De salientar que, cerca de 95% dos vidros da pousada são do mesmo tipo referido.

Ainda sobre as configurações do modelo, foi introduzido dados sobre os diversos sistemas consumidores de energia como a iluminação e os sistemas de climatização, nos separadores ‘*lighting*’ e ‘*HVAC*’, respetivamente. Estes separadores foram modelados de acordo com o levantamento de dados de campo, descritos em capítulos anteriores.

6.3 Calibração do modelo

Após criar o modelo e introduzir todas as variáveis inerentes à simulação dinâmica do edifício, foi realizada uma simulação para avaliar sua validação.

A calibração do modelo de simulação é um processo de ajuste que visa fazer com que os resultados dos consumos energéticos da simulação se aproximem dos valores obtidos na auditoria energética. Não sendo possível fazer medições diretas de parâmetros como as temperaturas das zonas e os consumos específicos, as grandezas avaliadas na calibração do modelo são os consumos globais de energia elétrica e gás propano.

Assim, no âmbito deste trabalho e conforme o RECS, considera-se que um modelo está validado se os resultados globais anuais da simulação indicarem consumos de energia dentro de um intervalo de $\pm 10\%$ dos consumos registrados na fatura.

A Tabela 6.1 apresenta a comparação entre os consumos reais e os consumos previstos pela simulação.

Tabela 6.1 - Comparação dos consumos reais e os previstos pela simulação

	Consumo real (kWh)	Simulação (kWh)	Diferença (%)
Eletricidade	49.985,00	48.237,26	-3,5%
Gás propano	238.257,00	235.572,07	-1,1%
Total	288.242,00	283.809,33	-1,5%

Ao comparar os consumos com os resultados da simulação, verifica-se que a diferença global da simulação é de -1,5%, ou seja, os valores obtidos na simulação são ligeiramente inferiores aos reais.

Relativamente a eletricidade, é possível que os parâmetros de entrada, como perfis de ocupação, horários de uso dos equipamentos e iluminação, não reflitam com precisão a realidade. A falta de consideração das cargas pessoais dos ocupantes, como aparelhos elétricos e eletrônicos devido à impossibilidade de conhecê-los, e a desconsideração da iluminação exterior em razão das irregularidades de funcionamento que apresentam, pode ter uma influência significativa nos resultados da simulação.

Ainda sobre a eletricidade, ressaltar que dos 48.237,26 kWh, apresentados pela simulação, 11.479,94 kWh são destinados a consumos da iluminação interior e os restantes 36.757,32 kWh para os equipamentos interiores.

Quanto ao gás propano, para tentar aproximar ao máximo esses valores houve a necessidade de ajustar o funcionamento das caldeiras para o aquecimento ambiente e para as AQS, pois na primeira fase estavam sobredimensionadas.

Obter uma correspondência exata entre os consumos reais do edifício e os valores obtidos na simulação é um desafio, pois os dados de faturação correspondem a um período anterior, durante o qual podem ter ocorrido alterações na utilização do edifício. Revisar e ajustar esses parâmetros para que correspondam mais fielmente aos dados reais do edifício pode ajudar a reduzir a discrepância entre os valores simulados e os consumos reais.

6.4 Necessidades de aquecimento

O *DesignBuilder* tem a capacidade de determinar a potência ideal a ser instalada no edifício, de forma a atender às necessidades de aquecimento e arrefecimento conforme os set-points definidos para as condições normais de operação do edifício.

Ao realizar esta simulação, o software assume que a temperatura externa durante o inverno é constante e que a velocidade e a direção do vento são estimadas. Vale destacar que ele não leva em conta os ganhos solares nem os ganhos internos, ou seja, o calor gerado pelos sistemas de iluminação, pelos equipamentos e pelo número de ocupantes de um ambiente. São consideradas a condução de calor e a convecção entre zonas com diferentes temperaturas (*DesignBuilder*, 2024).

O resultado atingido permite verificar quais os valores de temperatura interna do ar, a temperatura radiante, a temperatura operativa e a temperatura externa de bolbo seco em estado estacionário (Figura 6.5).

Observa-se que a temperatura do ar interno é aproximadamente 22°C, enquanto a temperatura radiante é de 20,34°C. A temperatura operativa, que é a média entre a temperatura do ar interno e a temperatura radiante, resulta em 21,17°C. Por fim, a temperatura externa é de -3,80°C, este valor não considera a humidade.

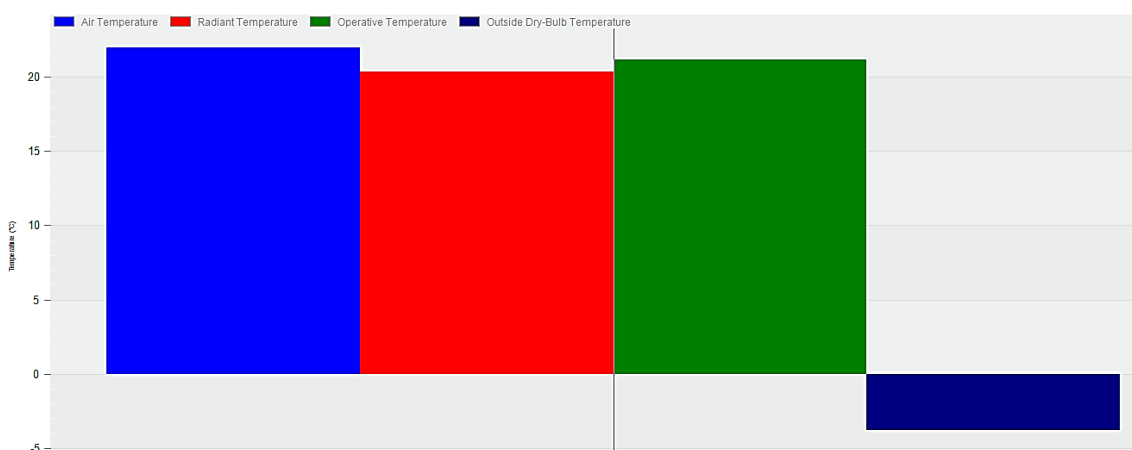


Figura 6.5 - Temperaturas obtidas da simulação (necessidades de aquecimento)

A temperatura radiante parte do princípio de que a pessoa se encontra no centro da zona, sem qualquer ponderação para uma superfície específica, isto é, a temperatura de uma superfície uniforme de um ambiente imaginário, no qual a troca de calor por radiação é a mesma de que num ambiente real não uniforme. Já a temperatura operativa consiste na temperatura uniforme de um ambiente imaginário na qual um ocupante troca a mesma quantidade de calor por radiação e convecção como no ambiente real não uniforme (DesignBuilder, 2024).

Entender os ganhos energéticos através da envolvente do edifício constitui um ponto chave do dimensionamento das necessidades térmicas. A envolvente do edifício inclui todos os elementos que compõem a barreira física entre o interior e o exterior, como paredes, janelas, portas, telhado e piso. Esses componentes desempenham um papel crucial na EEE, influenciando diretamente a quantidade de energia necessária para manter um ambiente interno confortável. Os ganhos energéticos podem ocorrer devido à absorção de calor solar, a condução de calor através dos materiais de construção, bem como a entrada de calor através de infiltrações.

A Figura 6.6 pretende representar os ganhos e as perdas pela envolvente do edifício.

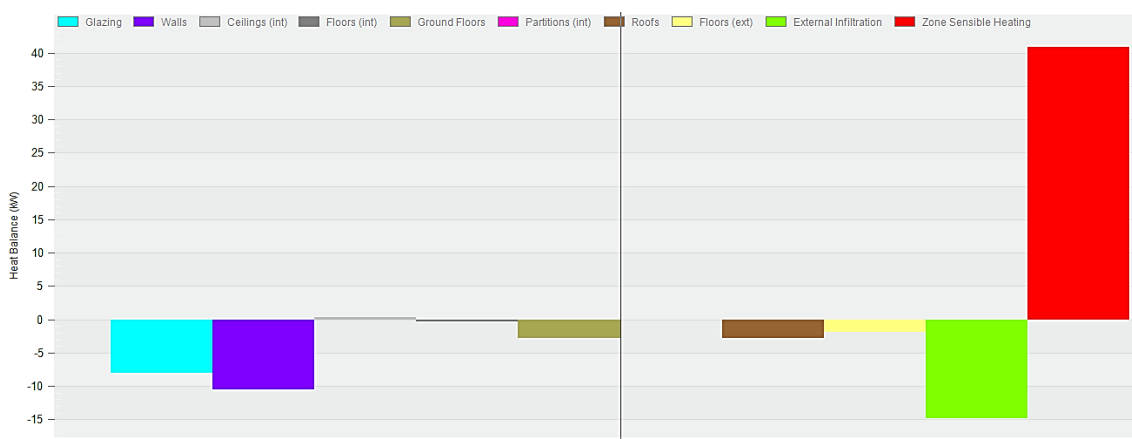


Figura 6.6 - Ganhos e perdas através da envolvente do edifício

A simulação em estado estacionário é realizada continuamente até que os fluxos de temperatura em cada zona se estabilizem. Durante esse processo, calcula-se o aquecimento necessário para manter os pontos de ajuste de temperatura em cada zona, e a perda total de calor é dividida entre envidraçados, paredes, divisórias, telhado, infiltração externa e ventilação natural, ou seja, o calor perdido (*DesignBuilder 2024*).

A nível global da pousada, observa-se que há pouquíssimos ganhos energéticos apenas através da cobertura, aproximadamente 0,29 kW. Em relação às perdas de energia, as mais significativas são as perdas por infiltração externa, com -14,84 kW, seguindo-se as perdas pelas paredes e envidraçados, com -10,52 kW e -8,02 kW respetivamente.

Com base nas perdas e ganhos de energia, é possível determinar o total de energia necessária para aquecimento, representado pela barra vermelha, que corresponde à soma absoluta de todos os valores presentes na figura, totalizando 40,88 kW.

A perda total de calor em cada zona é multiplicada por um fator de segurança de 1,25 para garantir o dimensionamento adequado do sistema AVAC do edifício, atendendo às necessidades de aquecimento. Com isso, o edifício em análise possui uma capacidade total de aquecimento de 51,04 kW. Esse fator de segurança é recomendado pelo *DesignBuilder* para edifícios situados na Europa.

As necessidades energéticas diferem de um piso para outro devido a fatores como a taxa de ocupação, a orientação, as cargas elétricas e a exposição solar, tornando essencial uma análise mais detalhada (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 - Desagregação das necessidades de aquecimento por piso

Piso	Necessidade de aquecimento (kW)
0	25,01
1	16,80
2	9,23
Total	51,04

É importante referir que o espaço onde há maior déficit de aquecimento é a entrada principal do edifício, a qual corresponde uma necessidade de 5,18 kW. Este detalhe é relevante no sentido da consideração de uma medida de melhoria neste espaço específico.

6.5 Necessidades de arrefecimento

Tal como foi determinado as necessidades de aquecimento do edifício, o *DesgibnBuilder* também permite determinar as necessidades de arrefecimento.

A simulação é feita para o dia com as condições mais extremas no período de verão e é considerado um fator de segurança para determinar o dimensionamento dos sistemas de arrefecimento, que nesta situação é de 1,15.

As necessidades de arrefecimento são determinadas desconsiderando os fatores como o vento, e a condução e convecção de calor entre zonas de diferentes temperaturas. Inclui ganhos solares através dos envidraçados, considera os ganhos internos dos ocupantes, iluminação e outros equipamentos.

No caso da pousada, como anteriormente referido, nem todos AC responsáveis para fazer o arrefecimento do edifício estão operacionais, pelo que necessidades de arrefecimento não será assunto abordado, tanto por este motivo como também devido ao fato que os aparelhos que de momento funcionam não serem usados com frequência.

6.6 Ganhos internos do edifício

Os ganhos internos são provenientes da iluminação, equipamentos, ocupação e ganhos solares do edifício. Observa-se através da Figura 6.7 que os ganhos da iluminação são bastante reduzidos em relação aos outros, apesar do consumo significativo. Isso pode ser atribuído ao uso predominante de lâmpadas LED no edifício.



Figura 6.7 - Ganhos internos do edifício

6.7 Emissões estimadas de CO₂

Em relação às emissões de dióxido de carbono o software estima que anualmente sejam emitidas cerca de 84,21 toneladas de CO₂, valor superior ao estimando anteriormente que era de cerca de 58,49 toneladas. Esta diferença significativa deve-se ao fato que o software considera os valores de conversão de 0,685 e 0,195 para a energia elétrica e para o gás, respetivamente. Apesar dessa diferença o comportamento mensal das emissões de CO₂ são os esperados e presente na Figura 6.8.

No verão há menores emissões, pois é o período em que há uma menor utilização dos sistemas de aquecimento.

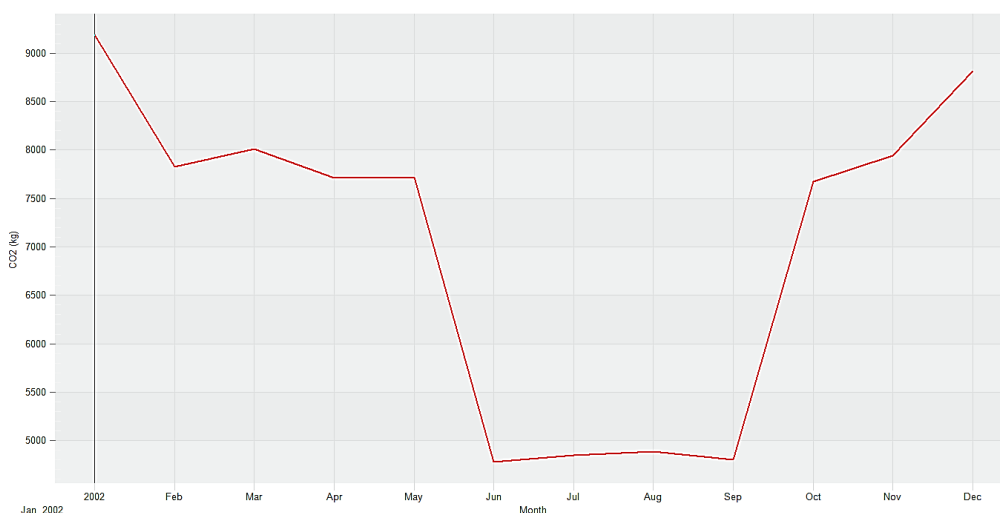


Figura 6.8 - Estimativa de produção de CO₂

6.8 Classe energética do edifício

Considerando os consumos energéticos de 2023 e os consumos obtidos na simulação é possível efetuar a determinação da classe energética do edifício.

IEE_s	IEE_{ren}	$IEE_{ref,s}$	R_{IEE}	Classe energética
288.242,00	-	283.809,33	1,02	C

De acordo com o valor do R_{IEE} , determina-se a classe energética mediante aos critérios estabelecidos na Tabela 4.4. Aplicando a equação (4.7), verifica-se que o edifício tem uma classe energética C.

7 MEDIDAS DE MELHORIA

7.1 Ações prioritárias

Neste contexto, apresenta-se as principais medidas que necessitam de atenção e execução imediata, destacando-se os seus benefícios e o impacto esperado. A implementação rápida e eficaz dessas estratégias é essencial para promover uma transformação energética positiva e duradoura.

7.1.1 Sistema fotovoltaico para autoconsumo

A produção distribuída de pequena escala e o autoconsumo são regidos por disposições comuns quanto ao controle prévio e aos direitos e deveres dos promotores, além de normas específicas que acomodam as particularidades de cada modalidade.

A produção de eletricidade por intermédio de Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) é regulada pelo Decreto-lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro, que estabelece a disciplina da atividade de produção associada às instalações de utilização do autoconsumidor de energia renovável [11].

Uma UPAC produz energia elétrica, geralmente a partir de fontes renováveis, preferencialmente para satisfazer as próprias necessidades energéticas. Para essa situação, os painéis solares são responsáveis para converter em eletricidade a energia captada ao sol. Essa energia, inicialmente em corrente contínua, é convertida para corrente alternada por um inversor, tornando-a compatível com a rede elétrica doméstica. A energia produzida é prioritariamente consumida localmente. Se houver excedente, este pode ser armazenado em baterias ou injetado na rede pública. Os sistemas de controlo e monitoramento garantem a eficiência e segurança da operação.



Figura 7.1 - Esquema genérico de funcionamento de uma UPAC [11]

Considerações prévias do estudo:

I - Descrição geral do dimensionamento dos sistemas

O dimensionamento dos SSF foi feito utilizando o software PVsyst. Esse software foi selecionado devido à sua abrangência e à inclusão de bases de dados abrangentes, que contemplam dados climáticos, informações de localização e detalhes dos componentes fotovoltaicos, como módulos, inversores e baterias.

Com a finalidade de maximizar o retorno financeiro ou evitar altos custos durante os períodos de tarifas mais elevadas, pretende-se focar na energia consumida durante as horas de ponta e cheias, quando o custo da energia é maior.

O sistema é dimensionado para atender às necessidades durante esses períodos críticos, garantindo que a capacidade instalada possa suportar picos de consumo.

Portanto, analisando os consumos elétricos (Anexo G), determinou-se a potência a ser instalada através da seguinte equação:

$$P_{inst} = \frac{E_{cons,FV}}{PSH \times \eta} \quad (7.1)$$

Onde,

- P_{inst} – Potencia instalada, em kW;
- $E_{cons,FV}$ – Energia consumida fora do vazio, em kWh;
- PSH (peak sun hour - quantidade de luz solar que um local recebe), em kWh/kWp;
- η , é o rendimento médio de um SSF.

Logo, conforme decorre da equação (7.1), a potência instalada considerada para a avaliação foi de 26,14 kW, considerando a média anual de horas de sol 1553,6 e o rendimento do sistema de 0,8.

II - Componentes do sistema

O sistema proposto deverá ser instalado no telhado do edifício, cuja a área do espaço em específico é cerca de 250 m². O sistema é constituído por 60 módulos fotovoltaicos, do modelo LR5-54-HTB-440M, orientados a sul (0°) e com uma inclinação de 30°, totalizando uma potência instalada de **26,4 kW**.

Para o dimensionamento do SSF sem armazenamento, optou-se pelo inversor da SMA, Sunny Tripower X - STP25-50. Este inversor dispõe de várias entradas para diferentes strings, o que possibilita configurações diferentes no grupo gerador.

No que diz respeito ao sistema com armazenamento, foi escolhido um inversor híbrido da Goodwe, de maneira que este tenha capacidade de carregador as baterias.

Quanto às baterias, foram selecionadas as do modelo BOS-G 8 com capacidade de 100 Ah. Pormenores sobre a referida escolha será assunto em tópicos seguintes.

As características elétricas principais das componentes do SSF podem ser consultadas no Anexo K.

III - Estudo económico

Após a configuração de todos os equipamentos a usar nas diferentes simulações, procede-se à avaliação económica do projeto.

Embora uma instalação fotovoltaica seja uma solução de produção de energia mais sustentável, os consumidores, com este investimento, pretendem recuperar o capital investido. Com o estudo económico pretende-se avaliar vários fatores, como o capital necessário a investir, poupança energética, preço de venda de energia entre outras, com o objetivo de aferir a rentabilidade do projeto. Num sistema destinado ao autoconsumo, a receita baseia-se na poupança energética [12].

Para proceder a esse estudo, foi necessário a introdução de alguns parâmetros que devem ser previamente estabelecidos de maneira a executar as simulações.

No PVsyst, foram definidos todos os custos associados ao sistema, desde dos custos de instalação até os custos de operação e manutenção.

É importante destacar que, todos os custos inseridos no software, foram valores médios de pesquisas na internet.

Devido a impossibilidade de introdução dos valores do preço de energia nas diferentes horas do dia no software, assumiu-se um preço global de compra de energia de 0,18€ o qual corresponderá a poupança. A inflação desse preço ao longo dos anos será de 2%.

A tarifa de compra de energia elétrica foi definida como 0,06 €/kWh e as variações nos rendimentos ao longo do tempo (como a inflação) também foram introduzidos.

7.1.1.1 Sistema fotovoltaico sem armazenamento

A análise de um sistema fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento é essencial para compreender a viabilidade e a eficiência de gerar eletricidade solar diretamente para consumo imediato. A ausência de armazenamento implica que toda a energia gerada deve ser consumida em tempo real, o que torna crucial a correlação entre a produção de energia solar e o perfil de consumo do edifício.

Para a pousada, que inevitavelmente apresenta grandes picos de consumo elétrico durante o dia (Figura 5.6), especialmente devido ao uso dos serviços da lavanderia (das 11:00 às 16:00), o sistema fotovoltaico será responsável por atender essas necessidades, bem como fornecer energia aos equipamentos de AC quando estes estiverem em funcionamento.

A Figura 7.2 exibe alguns parâmetros na secção de configuração do sistema no software PVsyst.

Sub-grupo

Nome e orientação do sub-grupo
Nome: Grupo FV
Oriente: Inclinação do plano fixa
Inclinação: 30°
Azimute: 0°

Ajuda para o dimensionamento
 Sem pré dim.
Pnom desejado: 26.0 kWp
 Redimensionar ... ou superfície disponível(módulos) 115 m²

Seleção do módulo FV

Disponíveis: Todos os módulos FV
Aproxim. módulos necessários: 59

Longi Solar | 440 Wp 28V | Si-mono | LR5-54HTB-440M | Desde 2022 | Manufacturer 2022

Utilizar otimizador

Dimens. das tensões : Vmpp (60°C) 29.1 V
Vco (-10°C) 43.1 V

Seleção do inversor

Disponíveis: Tensão de saída 400 V Tri 50Hz

SMA | 25 kW | 150 - 800 V TL | 50/60 Hz | Sunny Tripower X - STP25-50 | Desde 2023

Número de entradas MPPT: 3
Tensão de funcionamento: 150-800 V
Potência do inversor utilizada: 25.0 kWca
Tensão máxima entrada: 1000 V
inversor com 3 MPPT

Utilize multi-MPPT

Não há partilha de potência entre MPPTs

Dimensionamento do grupo

Número de módulos e strings

Mod. em série: 20 (entre 6 et 23)
Nr. strings: 3 (única possibilidade 3)

Perdas sobre-pot. 0.0 %
Rácio Pnom 1.06

Dimensionamento

Condições de funcionamento
Vmpp (60°C) 583 V
Vmpp (20°C) 664 V
Vco (-10°C) 862 V

Irradiã. no plano 1000 W/m²

Imp (STC) 39.4 A
Isc (STC) 42.5 A
Isc (em STC) 42.5 A

Max. dados STC
Potênc. Máx. em funcionamento 26.2 kW
(em 1080 W/m² e 50°C)

Nº de módulos 60 Superfície 117 m²
Potência nom. grupo (STC) 26.4 kWp

Figura 7.2 - Configuração do sistema sem bateria (PVsyst)

Após a escolha dos painéis e inversores, verifica-se se todos os valores de tensão dos inversores atendem aos requisitos máximos e mínimos, bem como a variação da tensão no conjunto dos módulos, para diversas correntes e temperaturas. Ao fazer essa comparação com os cálculos realizados, constata-se que os resultados estão consistentes.

A Figura 7.3 apresentada a seguir ilustra as produções de energia elétrica normalizadas por kWp (kilowatt-pico) instalado, distribuídas ao longo do ano. Esta análise permite uma compreensão detalhada do desempenho sazonal de um sistema fotovoltaico, destacando como a variação na incidência solar e as condições climáticas influenciam a geração de energia.

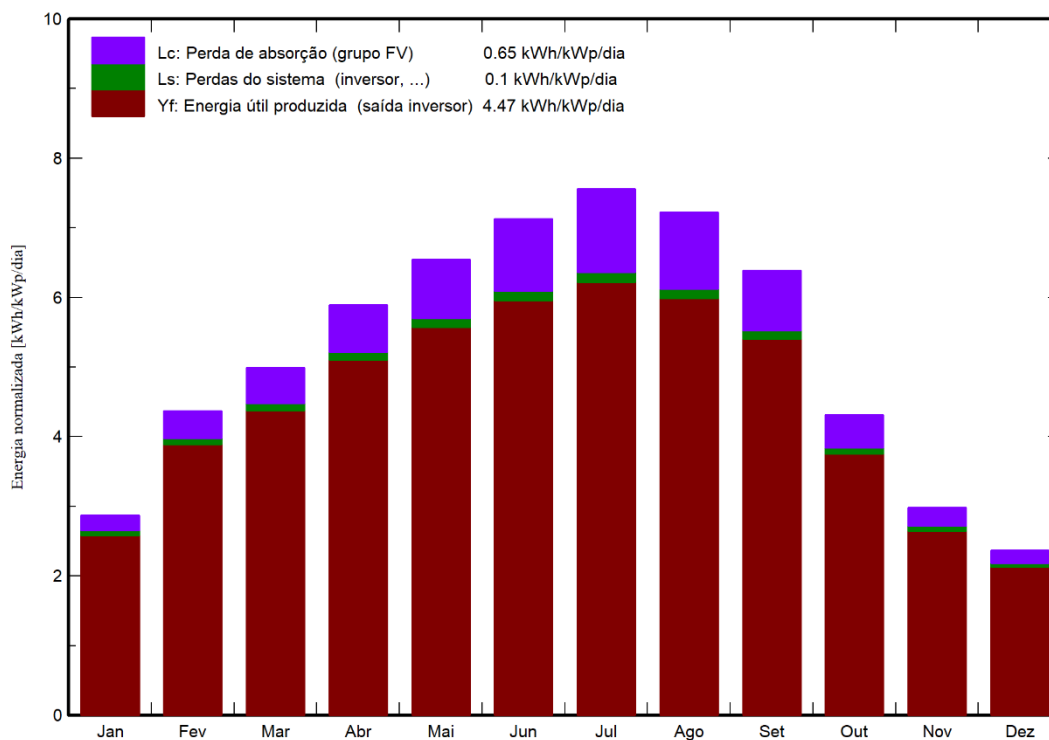


Figura 7.3 - Produções normalizadas por kWp instalado

No verão, a alta incidência solar e os dias longos resultam na máxima produção de energia pelos sistemas fotovoltaicos. Com maior produção, a energia fornecida diretamente ao consumidor é significativa, reduzindo a dependência de fontes externas. O excedente de energia gerada é frequentemente injetado na rede elétrica, contribuindo com uma quantidade considerável de energia adicional. Assim, a necessidade de energia da rede pelo consumidor diminui, já que a produção local supre a maior parte da necessidade.

Por outro lado, no inverno, a produção de energia é a menor do ano devido aos dias curtos e à baixa intensidade da radiação solar. A energia fornecida diretamente ao consumidor é limitada, aumentando a necessidade de energia suplementar de outras fontes. A injeção de energia na rede é mínima, pois quase toda a energia gerada é consumida localmente. Portanto, a dependência da energia da rede é a maior do ano, já que a produção local não atende à necessidade total.

A Tabela 7.1 apresenta o balanço e os resultados da simulação ao longo do ano.

Tabela 7.1 - Balanço e os resultados sistema sem bateria

Balanços e resultados principais								
	GlobHor	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan	54,8	89	86,4	2171	3955	1113	1004	2842
Fev	82	122,4	119,2	2943	3778	1266	1609	2512
Mar	123	154,8	150	3669	3184	1268	2318	1916
Abr	160,2	176,8	171,2	4134	2327	1056	2984	1271
Mai	203,2	203	195,8	4665	2292	1116	3445	1176
Jun	224,9	213,9	206,1	4825	2150	1083	3635	1067
Jul	240,4	234,3	225,7	5206	1785	898	4194	887
Ago	209,3	224	216,6	5010	2245	1068	3835	1177
Set	156,3	191,7	186	4374	2060	923	3357	1137
Out	96,7	133,8	129,9	3143	2354	893	2179	1461
Nov	58	89,6	87	2153	2684	780	1319	1904
Dez	45,2	73,6	71,4	1792	3679	931	814	2748
Ano	1654	1906,7	1845,5	44084	32493	12398	30693	20095

Legendas:

GlobHor – Irradiação horizontal total

GlobInc – Incidência global no plano dos sensores

GlobEff – Global efetivo, corrigido para IAM e sombras

EArray – Energia efetiva à saída do grupo

E_User – Energia fornecida ao consumidor

E_Solar – Energia do sol

E_Grid – Energia injetada na rede

EFrGrid – Energia de rede

A adoção de um sistema deste tipo poderá representar uma iniciativa estratégica e sustentável, mesmo que este não consiga suprir completamente as necessidades energéticas nos meses de inverno. A principal importância reside na capacidade de aproveitar ao máximo a energia solar disponível durante o ano, reduzindo a dependência de fontes de energia convencionais e, conseqüentemente, diminuindo os custos.

A Figura 7.4 pretende mostrar uma relação entre o consumo anual de energia da pousada e a produção para a potência instalada. A área cinzenta corresponde à energia útil a saída do sistema, e a área azul à energia anual consumida pelo edifício.

Repare-se que a quantidade de energia, a azul, não sobreposta com a área cinzenta, corresponde a energia consumida da rede. Já a área cinzenta, não sobreposta com a azul, corresponde a energia excedente que poderá ser acumulada para outros fins ou então injetada na rede, permitindo ao proprietário do sistema obter compensações financeiras. Considerando que o rendimento energético anual seja de 43 091 kWh e o autoconsumo de 12 398 kWh, o sistema terá uma taxa de autoconsumo cerca de 29%.

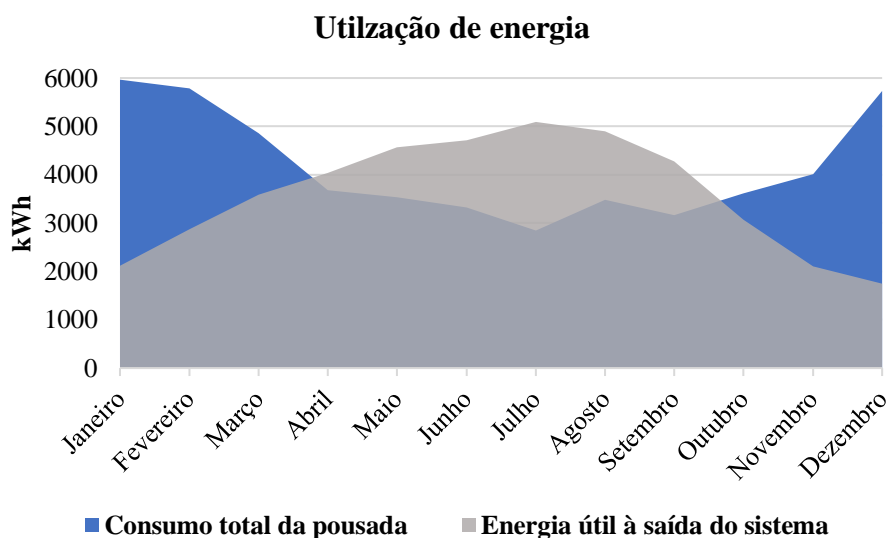


Figura 7.4 - Utilização de energia (sistema sem bateria)

Outros pormenores sobre o sistema poderão ser consultados no relatório feito pelo software, nas páginas 2-11.

Passando agora ao ponto de vista económico, a partir do PVsyst, desenvolveu-se uma análise com o objetivo de fornecer uma visão detalhada dos custos iniciais, economias geradas, tempo de retorno do investimento (*payback*), além de outros benefícios financeiros e ambientais associados ao sistema.

Os custos dos componentes utilizados na análise foram baseados em estimativas otimistas e, embora sejam representativos, os preços reais podem ser ligeiramente superiores.

Além disso, outros custos associados ao projeto, como taxas de instalação, manutenção e possíveis ajustes estruturais, podem não estar completamente incluídos na presente análise. Portanto, é importante considerar uma margem de variação nos custos totais ao avaliar a viabilidade do sistema fotovoltaico.

Os resultados financeiros anexados demonstram a viabilidade e os benefícios de um sistema fotovoltaico específico. Esses resultados incluem detalhes abrangentes sobre o retorno do investimento, a economia anual projetada e o período necessário para a amortização do sistema. Esses dados fornecem uma visão detalhada e clara de como a implementação de energia solar pode ser uma escolha estratégica e economicamente vantajosa, além de promover a sustentabilidade ambiental.

Detalhes da análise financeira podem ser consultados no relatório feito pelo software, nas páginas 12-16.

7.1.1.2 Sistema fotovoltaico com armazenamento

A análise de um sistema fotovoltaico para autoconsumo com bateria revela diferenças significativas em relação a um sistema sem bateria. A principal diferença reside na capacidade de armazenamento de energia. Um sistema fotovoltaico com bateria permite acumular o excedente de energia gerada durante o dia para uso posterior, proporcionando maior independência da rede elétrica e assegurando o fornecimento contínuo de energia mesmo durante a noite ou em dias nublados. Isso resulta em uma maior autossuficiência energética e potencialmente em maiores economias nas contas de eletricidade.

No caso da pousada, mesmo com poucas cargas elétricas a trabalhar durante à noite, adotar um sistema fotovoltaico com bateria oferece vantagens significativas que vão além do simples fornecimento de energia noturna. As baterias aumentam a resiliência energética, proporcionando uma reserva estratégica em caso de falhas na rede elétrica, o que é essencial para garantir a continuidade das operações em qualquer circunstância.

Para calcular a capacidade da bateria, considerou-se o consumo médio diário do edifício, garantindo autonomia suficiente enquanto equilibrava os custos elevados das baterias, de acordo com as seguintes equações:

$$C_{bat}(kWh) = \frac{E_{cons,diário} \times N^{\circ} \text{ dias de autonomia}}{DOD \times \eta_{bat}} \quad (7.2)$$

$$C_{bat} (Ah) = \frac{C_{bat} (kWh)}{V_{bat}} \quad (7.3)$$

Onde,

C_{bat} – Capacidade da bateria / $E_{cons,diário}$ – Consumo médio diário de energia / DOD – *Depth of discharge* / η_{bat} – Rendimento da bateria / V_{bat} – Tensão do banco de baterias.

A escolha de uma bateria com capacidade de 100 Ah para o sistema fotovoltaico do edifício foi estrategicamente dimensionada para proporcionar autonomia durante a noite, enquanto considera as restrições económicas associadas ao alto custo das baterias. Com um consumo médio diário de 89 kWh, a bateria de 100 Ah, embora pequena em relação ao consumo total, oferece uma solução equilibrada para garantir energia suficiente durante as horas noturnas, cobrindo períodos críticos sem radiação. Este dimensionamento não apenas atende à necessidade de fornecimento noturno, mas também minimiza os custos de investimento, tornando a implementação do sistema mais acessível. Além disso, ao integrar uma bateria menor, mantém-se a flexibilidade para futuras expansões conforme as necessidades energéticas e orçamentais do edifício evoluírem. A Figura 7.5 sintetiza os custos iniciais associados a instalação do sistema.

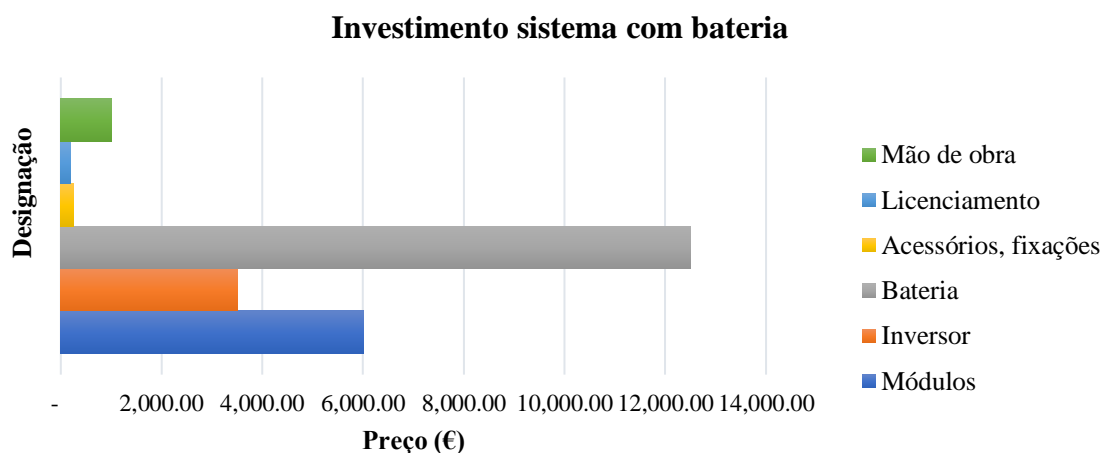


Figura 7.5 - Investimento inicial para sistema com bateria

Informações detalhadas da produção e uso da energia bem como a análise financeira deste sistema está detalhada no relatório do software páginas 2-11 e 12-16, respetivamente.

7.1.2 Substituição do gás propano pelo gás natural

O edifício atualmente utiliza gás propano como fonte de energia, como anteriormente referido. Diante das mudanças crescentes no panorama energético e das oportunidades oferecidas pelo gás natural (GN), pretende-se realizar um estudo detalhado para avaliar a viabilidade e os benefícios de uma eventual transição para esta fonte de energia. Este estudo visa não apenas analisar as implicações econômicas, mas também considerar os potenciais impactos positivos em termos de eficiência energética e sustentabilidade ambiental para o edifício.

O gás natural, reconhecido por sua eficiência e menor impacto ambiental, apresenta-se como uma alternativa promissora ao gás propano, tradicionalmente utilizado em diversas aplicações industriais e residenciais.

A partir do Anexo J, observa-se que o consumo de gás propano no ano de 2023 totalizou 238257 kWh. A chave para solucionar esta questão, reside na determinação da quantidade de gás natural requerida para produzir a mesma quantidade de energia útil no mesmo período. A equação que se segue possibilitou a análise mencionada.

$$V_{GN}(m^3) = \frac{E_{Cons,Propano}(kWh)}{PCS_{GN}(kWh/m^3)} \quad (7.4)$$

Considerando que, o poder calorífico superior (PCS) do gás natural é cerca de 12 kWh/m³, a quantidade de GN necessária para produzir a mesma energia em volume (V_{GN}) é cerca de 19855 m³.

Portanto, descartando o fator de conversão de volume por temperatura (FCV), e aplicando a equação (7.5), obtém-se o valor equivalente em kWh, sendo este 238260 kWh.

$$Consumo(kWh) = Consumo(m^3) \times PCS(kWh/m^3) \quad (7.5)$$

Com esse valor determinado, é possível identificar qual combustível oferece o melhor custo-benefício para a produção de energia necessária. Para isso, fez-se uma média dos preços (termo de consumo) (€/kWh) de alguns comercializadores pesquisados na internet, obtendo um valor de 0,08531 €/kWh.

A Tabela 7.2 mostra a comparação em termos de faturação anual dos diferentes combustíveis bem como as emissões de CO₂ associados.

Tabela 7.2 - Comparação económica dos combustíveis

	Consumo (kWh)	Faturação c/IVA (€)	Emissões CO₂ (tonCO₂e)
Propano	238.257	35.907,32	40.503,69
Gás natural	238.260	25.001,35	48.128,52

Além do preço do combustível é fundamental considerar a eficiência da caldeira para cada combustível. Não sendo possível determinar esse valor, considerou-se que o rendimento seria o mesmo para ambos os combustíveis de modo a avançar com os cálculos. Para aferir o rendimento real seria necessário fazer a análise dos gases de exaustão.

A mudança de combustível em um edifício envolve outros encargos e custos dos já mencionados. Primeiramente, é necessário converter ou substituir aparelhos para que sejam compatíveis com o gás natural, nomeadamente os queimadores, além de ajustar a pressão do sistema.

A infraestrutura interna (casa das máquinas) poderá não ter muitas alterações dado ao fato da instalação estar bastante adaptada para fornecimento do GN. Já a distribuição, esta deverá incluir novas tubulações e ligação à rede, o que pode envolver trabalhos na via pública. Licenças, inspeções de segurança e taxas municipais são imprescindíveis para garantir conformidade com as normas. Também será necessário estabelecer um contrato de fornecimento. Além disso, a remoção do depósito de propano e a desinstalação de equipamentos antigos geram despesas adicionais.

7.2 Ações complementares

Além das principais medidas de eficiência energética já apresentadas, é essencial considerar outras abordagens complementares que podem contribuir significativamente para a EE da pousada. A instalação de cortinas de ar ou portas de entrada dupla à entrada principal do edifício poderia constituir outro benefício já que esses dispositivos ajudam a manter a temperatura interna do edifício ao minimizar a troca de ar com o exterior. Essa necessidade advém de o fato da pousada ter atualmente uma porta automática à entrada principal. Por fim, verificar a operacionalidade dos dispositivos de renovação de ar interior viabilizando um ambiente interno mais saudável e confortável, ao mesmo tempo em que otimiza o uso dos sistemas de aquecimento e arrefecimento.

8 CONCLUSÃO

A eficiência energética em edifícios desempenha um papel crucial na redução do consumo de energia e na mitigação dos impactos ambientais. Diversos fatores o condicionam, dos quais destacam-se a eficiência na utilização da energia.

Cumprir as leis e normas que regulamentam o setor energético é fundamental para assegurar a conformidade dos edifícios com padrões mais eficientes. Essas regulamentações estabelecem diretrizes para a construção e operação de edifícios, promovendo práticas sustentáveis e a utilização de tecnologias avançadas para a redução do consumo de energia. Além disso, a realização de auditorias energéticas é essencial para avaliar o seu desempenho e identificar oportunidades de melhoria.

O principal objetivo deste trabalho foi realizar uma simulação dinâmica da Pousada da Juventude de Bragança utilizando o software *DesignBuilder*. O estudo teve sucesso, conseguindo-se calibrar o modelo de forma que a discrepância entre os dados simulados e os reais não ultrapassasse os 10% de tolerância estabelecidos pela lei, validando assim o modelo com apenas 1,5% de erro. Através da simulação, conseguiu-se averiguar que potência de aquecimento instalada na pousada excede cerca de 56,76% do valor necessário para manter as condições de conforto, já que a caldeira responsável para assegurar o aquecimento tem uma potência nominal de 80 kW.

As medidas de eficiência energética sugeridas neste trabalho são de extrema importância para a pousada. Mesmo que o sistema fotovoltaico para autoconsumo não satisfaça integralmente as necessidades energéticas nos meses de inverno, este terá a capacidade de suprir uma parcela significativa do consumo ao longo do ano, aliada aos benefícios econômicos e ambientais, tornam-se então uma escolha inteligente e sustentável.

Ademais, a substituição do combustível de gás propano por gás natural é viável devido ao custo inferior do gás natural, o que permitirá uma redução nos gastos da pousada.

8.1 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, seria importante realizar um estudo mais aprofundado da relação custo-benefício das medidas de melhoria propostas, incluindo uma análise detalhada do investimento necessário.

Além disso, avaliar a viabilidade de implementar outras soluções de aquecimento das AQS, nomeadamente sistemas solares térmicos e bombas de calor.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Energy Institut** - Statistical Review of World Energy. [Em linha]. 72nd Ed, (2023). [Consulta. 25/02/2024]. Disponível em <https://www.energyinst.org/statistical-review>. ISSN 2976-7857.
- [2] **International Energy Agency** – Energy Efficiency 2023. [Em linha]. (novembro de 2023). [Consulta. 8/03/2024]. Disponível em <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>.
- [3] **Sistema de Certificação Energética (SCE)** – Guia SCE – Parâmetros de Cálculo. [Em linha]. (13 março 2020). [Consulta. 09/03/2024]. Disponível em <https://www.sce.pt>.
- [4] **Agência para Energia (ADENE)** – 10 Soluções de Eficiência Energética. [Em linha]. (outubro 2016). [Consulta. 11/03/2024]. Disponível em <https://www.sce.pt/10-solucoes-de-eficiencia-energetica/>. ISBN 978-972-8646.
- [5] **Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE)** – Manual de Boas Práticas. [Em linha]. [Consulta. 18/03/2024]. Disponível em <https://www.erse.pt>.
- [6] **Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG)** – Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios. [Em linha]. [Consulta. 22/03/2024]. Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/pt/>.
- [7] **NT-SCE-04** – Plano de melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE). [Em linha]. (agosto 2022). [Consulta. 24/03/2024]. Disponível em <https://www.sce.pt>.
- [8] **Manual SCE** – [Em linha]. [Consulta. 25/03/2024]. Disponível em <https://www.dgeg.gov.pt/pt/>.
- [9] **Sistema de Certificação Energética (SCE)** – [Em linha]. [Consulta. 02/04/2024]. Disponível em <https://www.sce.pt/certificacao-energetica-de-edificios/consumidores/>.
- [10] **Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013** – [Em linha]. [Consulta. 13/05/2024]
- [11] **Sunenergy** – [Em linha]. [Consulta. 01/06/2024]. Disponível em: <https://www.sunenergy.pt/>
- [12] **Mendes, I. M.** (2019). Dissertação do Mestrado de Energias sustentáveis – Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaica para Autoconsumo. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto. [Consulta: 04/06/2024]

10 ANEXOS

Anexo A - Exemplo de certificado DEE



Certificado Energético

Grande Edifício de Comércio e Serviços

SCE1234567890
Válido até 12-06-2026



IDENTIFICAÇÃO POSTAL
 Morada NÃO MEXER - AV.ª FONTES PEREIRA DE MELO, N.º 51 A 51-G
 Localidade LISBOA
 Freguesia AVENIDAS NOVAS
 Concelho LISBOA GPS 38.694085, -9.205856

IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL
 5.ª Conservatória do Registo Predial de LISBOA
 N.º de Inscrição na Conservatória 816
 Artigo Matricial n.º 898 Fração Autónoma varias

INFORMAÇÃO ADICIONAL
 Área útil de Pavimento 1.100,00 m² NÃO MEXER

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obterá nas condições mínimas (com base em valores de referência ou requisitos aplicáveis para o ano assinalado) a que estão obrigados os edifícios novos. Saiba mais no site da ADENE em www.adene.pt.

INDICADORES DE DESEMPENHO

CLASSE ENERGÉTICA

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

Aquecimento Ambiente

Referência:	51 kWh/m².ano
Edifício:	110 kWh/m².ano
Renovável:	68 %

30%
MAIS
eficiente
que a referência

Arrefecimento Ambiente

Referência:	19 kWh/m².ano
Edifício:	41 kWh/m².ano
Renovável:	67 %

28%
MAIS
eficiente
que a referência

Iluminação

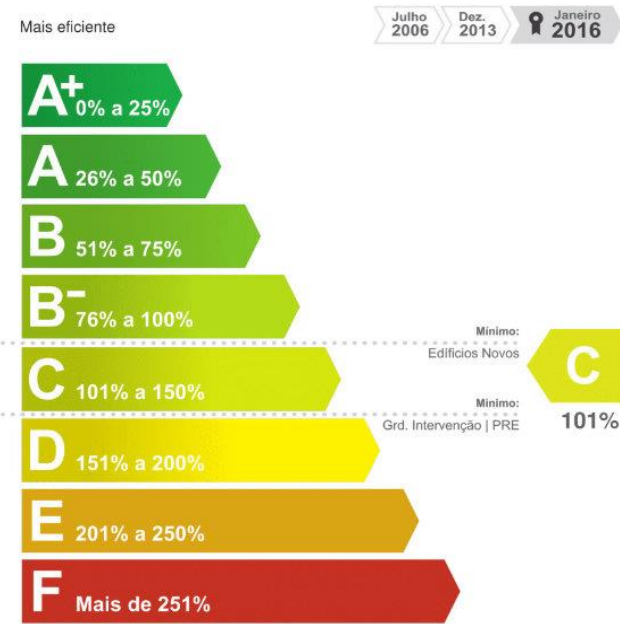
Referência:	11 kWh/m².ano
Edifício:	23 kWh/m².ano
Renovável:	- %

117%
MENOS
eficiente
que a referência

Água Quente Sanitária

Referência:	7,9 kWh/m².ano
Edifício:	7,9 kWh/m².ano
Renovável:	- %

IGUAL
à referência



ENERGIA RENOVÁVEL

EMISSIONES DE CO₂

Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício.



Emissões de CO₂ estimadas devido ao consumo de energia.



Entidade Gestora

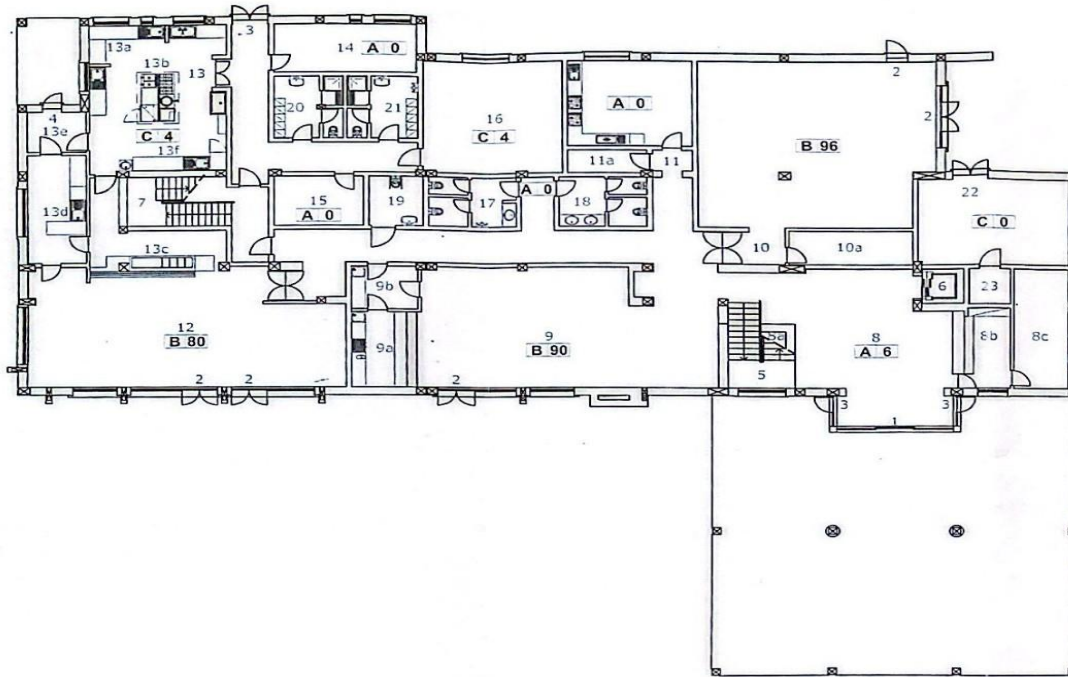
 Agência para a Energia

Entidade Fiscalizadora
 **Direção Geral de Energia e Geologia**

Anexo B - Distribuição dos espaços por piso

P0	Área [m2]
Entrada Principal	228
Átrio	37
Sala de Convívio	90
Sala Polivalente	96
Cozinha Alberguista	23
Refeitório	80
Cozinha Geral	80
Arrumos (Economato)	15
Arrumos (Produtos não Alimentares)	10
Lavandaria	34
Instalações Sanitárias (H)	9
Instalações Sanitárias (M)	9
Instalações Sanitárias (Deficientes)	6
Balneários (H)	9
Balneários (M)	9
Casa das Máquinas	28
P1	Área [m2]
Átrio de distribuição	35
Apartamento	56
Quarto Deficientes A	33
Quarto Deficientes B	28
Quarto Duplo c/WC	224
Quarto Duplo s/WC	144
Balneário (H+M)	49
Arrumos	8
P2	Área [m2]
Átrio de Distribuição	23
Quarto familiar	120
Quartos duplos s/WC	144
Balneário	49
Arrumos	8
Acesso ao Sótão Inferior	14

Anexo C - Plantas do edifício



LEGENDA

- 1 - Entrada Principal
- 2 - Saída para o jardim
- 3 - Saída de Emergência
- 4 - Saída de Lixos / Emergência
- 5 - Escada Principal
- 6 - Ascensor Hidráulico
- 7 - Escada de Serviço / Emergência
- 8 - Atrio 37m²
 - a) Floreira 10m²
 - b) Receção 12m²
 - c) Serviços Administrativos 15m²
- 9 - Sala de Convívio 90m²
 - a) Bar 10m²
 - b) Copa 6m²
- 10 - Sala Polivalente 96m²
 - a) Arrumo 9m²
- 11 - Cozinha Alberguista 23m²
 - a) Arrumo 4m²
- 12 - Refeitório 80m²
- 13 - Cozinha Geral 80m²
 - a) Preparação
 - b) Confeção
 - c) Linha de Self-Service
 - d) Copa Suja
 - e) Zona de Lixos
 - f) Lavagem de Trem
- 14 - Arrumos (Economato) 15m²
- 15 - Arrumos (Produtos não Alimentares) 10m²
- 16 - Lavandaria 34m²
- 17 - Instalações Sanitárias (Homens) 9m²
- 18 - Instalações Sanitárias (Senhoras) 9m²
- 19 - Instalações Sanitárias (Deficientes Motores) 6m²
- 20 - Banheiros / Vestiários Pessoal (Homens) 9m²
- 21 - Banheiros / Vestiários Pessoal (Senhoras) 9m²
- 22 - Casa das Máquinas 28m²
- 23 - Casa da Máquina Elevador 3m²

LEGENDA

X n

Efetivo
Local de Risco

Planta Piso 0

Efetivo
Locais de Risco

Av. 22 de Maio | Bragança
1/200

Movijovem

Av. 22 de Maio | Bragança

SCIE N.º1 de 2017

Medidas de Autoproteção

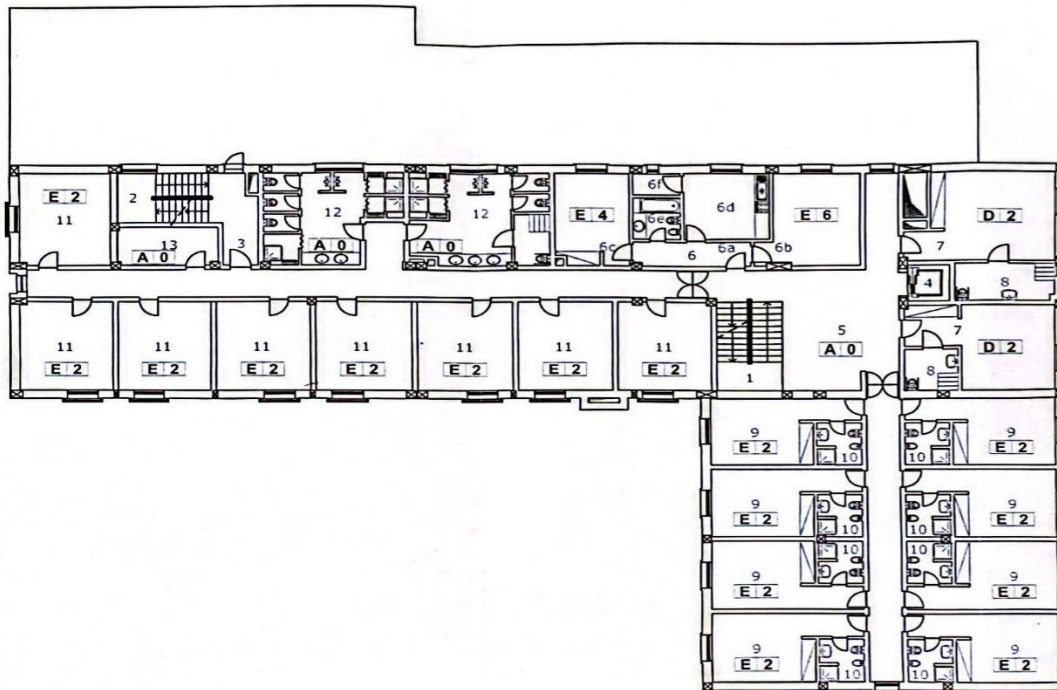
Julho de 2017

Artur Pires, eng. civil / Helder Torrião, eng. civil

arquidomus
arquitetura | engenharia

am
engenharia

ENCAE-2018 ID: 4764424



LEGENDA

- 1 - Escada Principal
- 2 - Escada de Serviço / Emergência
- 3 - Saída de Emergência
- 4 - Ascensor Hidráulico
- 5 - Átrio de Distribuição 35m²
- 6 - Apartamento 56m²
 - a) Átrio 6m²
 - b) Sala 18m²
 - c) Quarto 14m²
 - d) Cozinha 12 m²
 - e) Casa de Banho Completa 4m²
 - f) Arrumo 2m²
- 7 - Quarto para Deficientes Motores 28m²+33m²
- 8 - Casa de Banho para Deficientes Motores
- 9 - Quarto Duplo 22m² x 8
- 10 - Casa de Banho Simples
- 11 - Quatros Duplos sem WC 18m² x 8
- 12 - Balneário 23m²+26m²
- 13 - Arrumo 5m²

LEGENDA

X n Efetivo
Local de Risco

Planta Piso 1

Efetivo
Locais de Risco

Av. 22 de Maio | Bragança
1/200

Movijovem

Medidas de Autoproteção

SCIE N.º1 de 2017

Tase

Julho de 2017

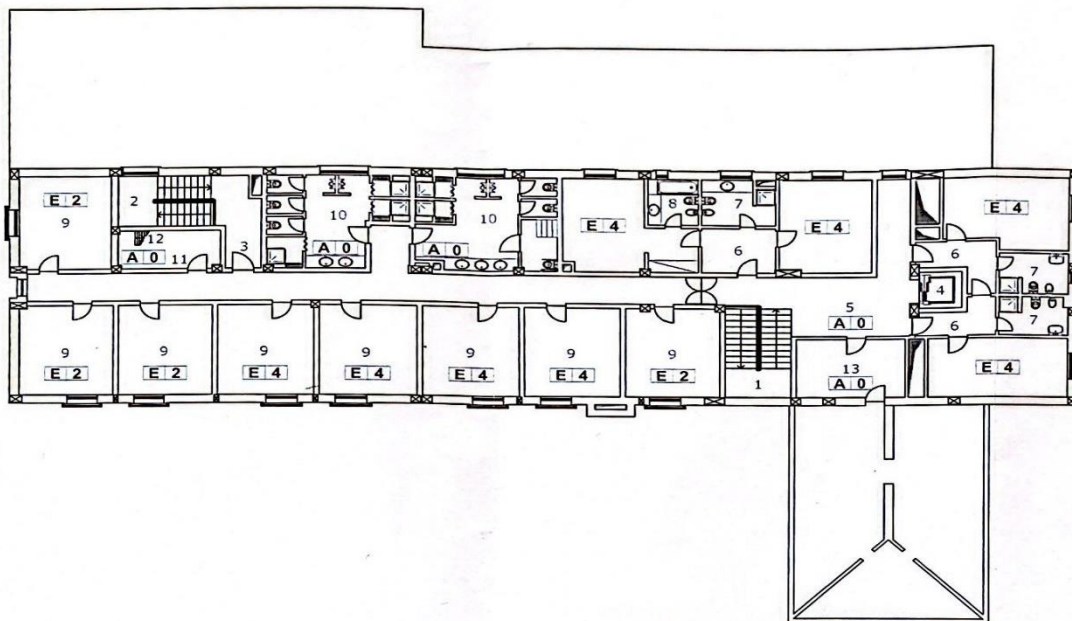
Data de aprovação

Artur Pires, eng. civil / Helder Torrão, eng. civil

arquidomus

engenharia





LEGENDA

- 1 - Escada Principal
- 2 - Escada de Serviço / Emergência
- 3 - Saída de Emergência
- 4 - Ascensor Hidráulico
- 5 - Átrio de Distribuição 23m²
- 6 - Quarto Familiar 60m²+60m²
- 7 - Casa de Banho Simples
- 8 - Casa de Banho Completa
- 9 - Quatros Duplos Sem WC 18m² x 8
- 10 - Balneário 23m²+26m²
- 11 - Arrumo 8m²
- 12 - Escada de Acesso ao Sótão
- 13 - Arrumo / Acesso ao Sótão Inferior 14m²

LEGENDA

X n Efetivo
Local de Risco

Planta Piso 2

Efetivo
Locais de Risco

Movijovem

requerente

SCIE N.º1 de 2017

código do plano

Julho de 2017

data de elaboração

Artur Pires, eng. civil / Helder Torrão, eng. civil

v.º 100/132, designação 007

notas escala 1/200

Av. 22 de Maio | Bragança

trabalho

Medidas de Autoproteção

fase

data de aprovação

arquidomus

arquitetura | engenharia

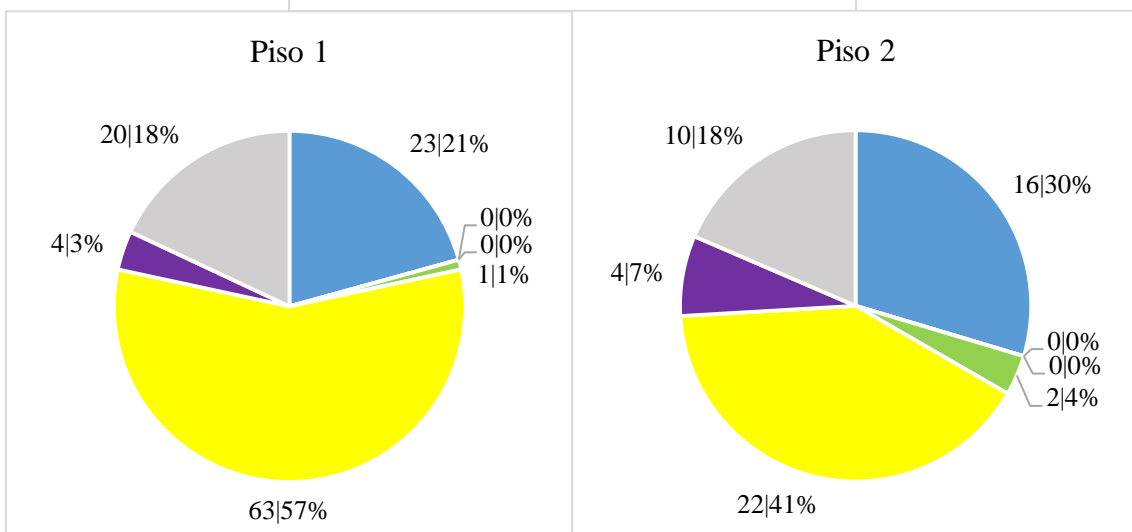
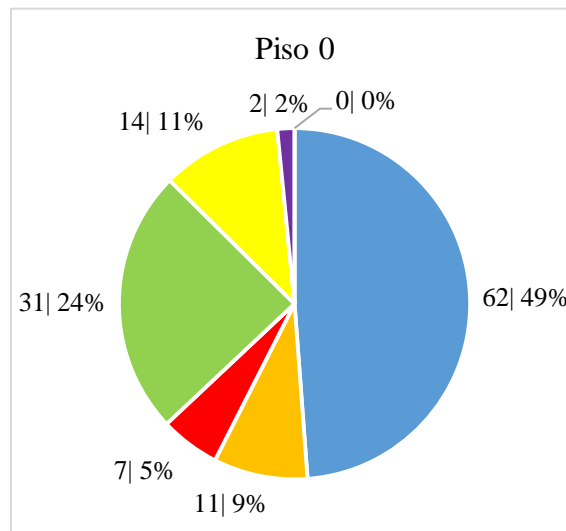


am
engenharia

ENCL-2015-10-4784828

Anexo D - Análise da iluminação

	Descrição	Potência [W]	Quantidades				Potência total [W]
			P0	P1	P2	Total	
	Painel LED	12	62	23	16	101	1212
	LED Embutido GU10	6	11	0	0	11	66
	LED Tubular 1.2	18	7	0	0	7	126
	LED Tubular 1.5	22	31	1	2	34	748
	LED A60 E27	9	14	63	22	99	891
	LED CFL Milho	20	2	4	4	10	200
	LED Decorativo Teto	15	0	20	10	30	450
						292	3693



Anexo E - Densidade luminosa por espaços

P0			
Espaço	Área [m ²]	Potência [W]	Densidade luminosa [W/m ²]
Entrada Principal	228	132	0,58
Átrio	37	168	4,54
Sala de Convívio	90	140	1,56
Sala Polivalente	96	176	1,83
Cozinha Alberguista	23	62	2,70
Refeitório	80	120	1,50
Cozinha Geral	80	352	4,40
Arrumos (Economato)	15	22	1,47
Arrumos (Produtos não Alimentares)	10	44	4,40
Lavandaria	34	88	2,59
Instalações Sanitárias (H)	9	36	4,00
Instalações Sanitárias (M)	9	45	5,00
Instalações Sanitárias (Deficientes)	6	27	4,50
Balneários (H)	9	22	2,44
Balneários (M)	9	22	2,44
Casa das Máquinas	28	88	3,14
P1			
Átrio de distribuição	35	264	7,54
Apartamento	56	96	1,71
Quarto Deficientes A	33	24	0,73
Quarto Deficientes B	28	24	0,86
Quarto Duplo c/WC	224	336	1,50
Quarto Duplo s/WC	144	120	0,83
Balneário (H+M)	49	279	5,69
Arrumos	8	22	2,75
P2			
Átrio de Distribuição	23	192	8,35
Quarto familiar	120	150	1,25
Quartos duplos s/WC	144	120	0,83
Balneário	49	153	3,12
Arrumos	8	22	2,75
Acesso ao Sótão Inferior	14	22	1,57

Anexo F - Equipamentos do edifício

	Descrição	Quantidades	Potência [W]	Potencia total da zona [W]	Área [m2]	Densidade energética [W/m2]
Recepção	PC de mesa	1	300	370	12	30,83333333
	Impressora	1	70			
Cozinha Alberguista	Micro-ondas	1	1050	13660	23	593,9130435
	Frigorífico A	2	150			
	Frigorífico B	1	160			
	Placa vitrocerâmica	2	6000			
	Outros	1	150			
Arrumos	Máquinas de lavar roupa	1	800	2300	4	575
	Máquinas de secar roupa	1	1500			
Cozinha Geral	Fogão 6 bicos	1	31600	62650	80	783,125
	Micro-ondas	1	1050			
	Exaustor	1	300			
	Máquina de café	1	600			
	Máquina de lavar louça	1	1500			
	Fritadeira mergulhante	1	27400			
	Outros	1	200			
Lavandaria	Máquina de lavar A	1	11400	31170	34	916,7647059
	Máquina de lavar B	1	18500			
	Máquina de Secar	1	670			
	Calandra	1	600			
Apartamento	Placa vitrocerâmica	1	6000	6000	56	107,1428571
Casa máquinas	Caldeira AQS	1	104000	184000	28	657,14
	Caldeira AC	1	80000			

Equipamentos que usam gás como combustível

Anexo G - Consumos elétricos

Meses	ENERGIA ATIVA [kWh] BTE					ENERGIA REATIVA [kvar]		PONTÊNCIA [kW]	
	Ponta	Cheia	Vazio	Super Vazio	Total	Capacitiva	Indutiva	Contratada	Horas de Ponta
Janeiro	1430	2525	1312	699	5966	0	6	41,41	11,917
Fevereiro	1352	2426	1326	680	5784	0	1	41,41	12,071
Março	977	2207	1079	591	4854	0	3	41,41	7,879
Abril	587	1740	873	479	3679	0	4	41,41	4,892
Mai	617	1675	818	426	3536	0	6	41,41	4,976
Junho	562	1588	780	394	3324	0	9	41,41	4,683
Julho	444	1341	691	366	2842	0	4	41,41	3,581
Agosto	579	1666	791	447	3483	0	9	41,41	4,669
Setembro	558	1502	717	387	3164	0	7	41,41	4,65
Outubro	655	1699	809	444	3607	0	7	41,41	5,282
Novembro	782	1902	883	450	4017	0	4	41,41	6,517
Dezembro	1109	2570	1346	704	5729	0	2	41,41	8,944
Total	9652	22841	11425	6067	49985	0	62	41,41	80,061

Anexo H - Faturação mensal da pousada

Faturação [€]								
Mês	Nº Dias	Faturação total mensal [€]	Faturação de Energia Ativa [€]	%	Faturação da potência contratada	%	Faturação da Potência Horas Ponta [€]	%
Jan	30	1 743,21 €	1 461,2272 €	84%	24,35 €	1%	173,5354 €	10%
Fev	28	1 643,99 €	1 412,8120 €	86%	22,73 €	1%	164,0594 €	10%
Mar	31	1 356,45 €	1 179,3302 €	87%	25,16 €	2%	118,5585 €	9%
Abr	30	997,72 €	882,3728 €	88%	24,35 €	2%	71,2373 €	7%
Mai	31	978,24 €	855,0934 €	87%	25,16 €	3%	74,8759 €	8%
Jun	30	917,49 €	803,5460 €	88%	24,35 €	3%	68,1938 €	7%
Jul	31	897,03 €	681,0784 €	76%	25,16 €	3%	53,8847 €	6%
Ago	31	1 101,82 €	838,5312 €	76%	25,16 €	2%	70,2563 €	6%
Set	30	1 012,22 €	765,2648 €	76%	24,35 €	2%	67,7133 €	7%
Out	31	1 154,05 €	873,0608 €	76%	25,16 €	2%	79,4804 €	7%
Nov	30	1 298,47 €	980,4374 €	76%	24,35 €	2%	94,9006 €	7%
Dez	31	1 822,58 €	1 386,4164 €	76%	25,16 €	1%	134,5839 €	7%
Total		14 923,27 €	12 119,17 €		295,44 €		1 171,28 €	

Anexo I - Faturação por período

Mês	Faturação por período [€]			
	Ponta	Cheia	Vazio	Super vazio
Janeiro	421,5640 €	660,0350 €	284,7040 €	94,9242 €
Fevereiro	398,5696 €	634,1564 €	287,7420 €	92,3440 €
Março	288,0196 €	576,9098 €	234,1430 €	80,2578 €
Abril	173,0476 €	454,8360 €	189,4410 €	65,0482 €
Maio	181,8916 €	437,8450 €	177,5060 €	57,8508 €
Junho	165,6776 €	415,1032 €	169,2600 €	53,5052 €
Julho	130,8912 €	350,5374 €	149,9470 €	49,7028 €
Agosto	170,6892 €	435,4924 €	171,6470 €	60,7026 €
Setembro	164,4984 €	392,6228 €	155,5890 €	52,5546 €
Outubro	193,0940 €	444,1186 €	175,5530 €	60,2952 €
Novembro	230,5336 €	497,1828 €	191,6110 €	61,1100 €
Dezembro	326,9332 €	671,7980 €	292,0820 €	95,6032 €
Total	2 845,4096 €	5 970,6374 €	2 479,2250 €	823,8986 €

Anexo J - Consumos e faturação de gás 2023

Ano 2023	Quantidade			Faturação	
	kg	m3	kWh	Valor s/iva	Valor c/iva
09/01	1449	3	20258	2 482,14 €	3 053,03 €
08/02	2312	5	32323	3 960,46 €	4 871,36 €
24/02	1941	4	27136	3 324,93 €	4 089,67 €
29/03	2326	5	32519	3 984,44 €	4 900,86 €
05/05	1280	3	17895	2 192,64 €	2 696,95 €
19/07	1354	3	18930	2 319,40 €	2 852,86 €
28/09	1318	3	18426	2 257,73 €	2 777,01 €
20/11	2914	6	40739	4 991,68 €	6 139,77 €
18/12	2148	4	30030	3 679,52 €	4 525,81 €
Total	17042	33	238257	-	35 907,32 €

Módulos

Tipo de módulo	LR5-54HTB-440M	
Condições de teste	STC	NOCT
Potência máxima (P _{máx}) (W)	440	329
Tensão Circuito Aberto (V _{oc}) (V)	39.83	37.40
Corrente curto circuito (I _{sc}) (A)	14.15	11.43
Tensão potência máxima (V _{mp}) (V)	33.53	30.62
Corrente potência máxima (I _{mp}) (A)	13.12	10.75
Eficiência (%)	22.5	

Inversores

Modelo	Sunny Tripower X 25	Goodwe GW25K-ET
Potência CC máx	25,51 kW	25,5 kW
Potência máx. FV	37,50 kW	37,50 kW
Tensão máx. de entrada	1000 V	1000 V
Strings por entrada MPP	2 / 2 / 2	2 / 2 / 2
Potência atribuída	25,00 kVA	25,00 kVA
Rendimento máx / europeu	98,2 % / 98%	98,0% / 97,5%

Bateria

Module Nominal Voltage (V)	51.2
Module Capacity (Ah)	100
System Nominal Voltage (V)	409.6
System Operating Voltage (V)	332.8~467.2
System Usable Energy (kWh)	36.86

PVsyst - Relatório da simulação

Sistema acoplado à rede

Projeto: Pousada de Juventude de Bragança

Variante: AUTOCONSUMO SEM ARMAZENAMENTO

Potência sistema: 26.40 kWp

POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA - Portugal



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Resumo do projeto

Localização geográfica

POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA
Portugal

Localização

Latitude 41.80 °N
Longitude -6.77 °W
Altitude 716 m
Fuso horário UTC

Parâmetros projeto

Albedo 0.20

Dados meteorológicos

POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA
Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Sintético

Resumo do sistema

Sistema acoplado à rede

Simulação do ano número 1

Orientação do plano dos módulos

Plano fixo
Inclinação/Azimute 30 / 0 °

Sombras próximas

Sem sombras

Exigências do consumidor

Valores mensais

Informação do sistema

Grupo FV

Nr. de módulos 60 unidades
Pnom total 26.40 kWp

Inversores

Número de unidades 1 unidade
Pnom total 25.00 kWca
Rácio Pnom 1.056

Resumo dos resultados

Energia produzida	43091 kWh/ano	Produção específica	1632 kWh/kWp/ano	Índice de perf. PR	85.60 %
Energia utilizada	32493 kWh/ano			Fração solar	38.16 %

Índice

Resumo do projeto e dos resultados	2
Parâmetros gerais, Características do grupo FV, Perdas do sistema	3
Resultados principais	5
Diagrama de perdas	6
Gráficos predefinidos	7
Avaliação P50 – P90	11
Custo do sistema	12
Análise financeira	13
Balanco de emissões CO ₂	16



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Parâmetros gerais

Sistema acoplado à rede

Horizonte

Sem horizonte

Orientação do plano dos módulos

Orientação

Plano fixo

Inclinação/Azimute 30 / 0 °

Configuração dos sheds

Não há um desenho 3D definido

Modelos utilizados

Transposição Perez
Difuso Perez, Meteonorm
Cicumsolar separado

Sombras próximas

Sem sombras

Exigências do consumidor

Valores mensais

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano	
3.96	3.78	3.18	2.33	2.29	2.15	1.79	2.25	2.06	2.35	2.68	3.68	32.5	MWh/mês

Características do grupo FV

Módulo FV

Fabricante Longi Solar
Modelo LR5-54HTB-440M
(Parâmetros definidos pelo utilizador)Potência unitária 440 Wp
Número de módulos FV 60 unidades
Nominal (STC) 26.40 kWp
Módulos 3 string x 20 Em série

Em condições de func. (50°C)

Pmpp 24.32 kWp
Umpp 603 V
Impp 40 A

Potência FV total

Nominal (STC) 26 kWp
Total 60 módulos
Superfície módulos 117 m²
Superfície célula 107 m²

Inversor

Fabricante SMA
Modelo Sunny Tripower X - STP25-50
(Base de dados original do PVsyst)Potência unitária 25.0 kWca
Número de inversores 3 * MPPT 33% 1 unidade
Potência total 25.0 kWca
Tensão de funcionamento 150-800 V
Rácio Pnom (DC:AC) 1.06
Não há partilha de potência entre MPPTs

Potência total inversor

Potência total 25 kWca
Número de inversores 1 unidade
Rácio Pnom 1.06

Perdas do grupo

Perdas sujidade grupo

Fração perdas 1.0 %

Fator de perdas térm.

Temperatura módulos em função irradiância
Uc (const.) 20.0 W/m²K
Uv (vento) 0.0 W/m²K/m/s

Perdas de cablagem DC

Res. global do grupo 19 mΩ
Fração perdas 0.1 % em STC

LID - "Light Induced Degradation"

Fração perdas 2.0 %

Perdas de qualidade dos módulos

Fração perdas -0.8 %

Perdas dos módulos com mismatch

Fração perdas 2.0 % no MPP

Degradação média dos módulos

Ano n° 1
Fator de perda 0.4 %/ano

Mismatch devido á degradação

RMS da dispersão de Imp 0.4 %/ano
RMS da dispersão de Vmp 0.4 %/ano



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Perdas do grupo

Fator de perda IAM

Efeito de incidência (IAM): Fresnel, revestimento AR, $n(\text{vidro})=1.526$, $n(\text{AR})=1.290$

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



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Resultados principais

Produção do sistema

Energia produzida	43091 kWh/ano	Produção específica	1632 kWh/kWp/ano
Energia utilizada	32493 kWh/ano	Índice de perf. PR	85.60 %
		Fração solar	38.16 %

Avaliação económica

Investimento

Global	10 450.00 EUR
Específico	0.40 EUR/Wp

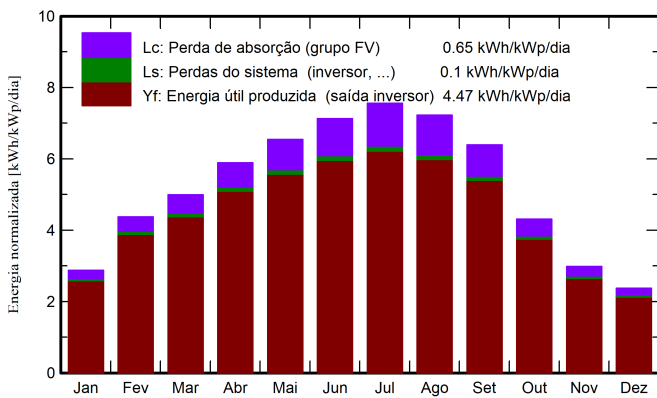
Custo anual

Anuidades	0.00 EUR/ano
Custos operação	435.61 EUR/ano
Período amortização	2.7 anos

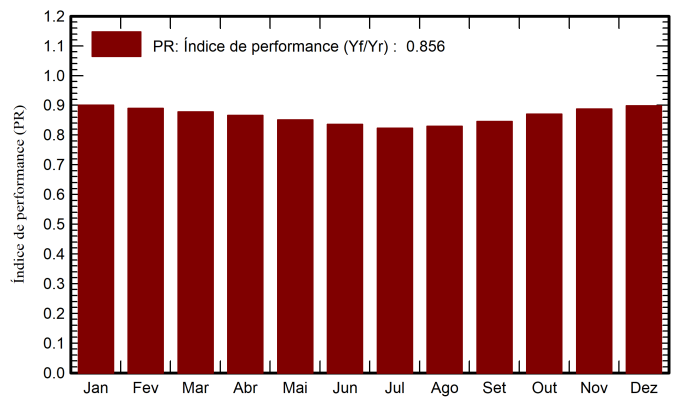
LCOE

Custo da energia	0.02 EUR/kWh
------------------	--------------

Produções normalizadas (por kWp instalado)



Índice de performance (PR)



Balances e resultados principais

	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
Janeiro	54.8	26.69	4.30	89.0	86.4	2171	3955	1113	1004	2842
Fevereiro	82.0	28.30	5.53	122.4	119.2	2943	3778	1266	1609	2512
Março	123.0	50.57	8.70	154.8	150.0	3669	3184	1268	2318	1916
Abril	160.2	61.21	10.88	176.8	171.2	4134	2327	1056	2984	1271
Mai	203.2	74.60	14.98	203.0	195.8	4665	2292	1116	3445	1176
Junho	224.9	66.87	19.41	213.9	206.1	4825	2150	1083	3635	1067
Julho	240.4	53.58	22.12	234.3	225.7	5206	1785	898	4194	887
Agosto	209.3	54.99	22.11	224.0	216.6	5010	2245	1068	3835	1177
Setembro	156.3	45.68	18.24	191.7	186.0	4374	2060	923	3357	1137
Outubro	96.7	40.54	13.35	133.8	129.9	3143	2354	893	2179	1461
Novembro	58.0	28.60	7.54	89.6	87.0	2153	2684	780	1319	1904
Dezembro	45.2	25.13	4.70	73.6	71.4	1792	3679	931	814	2748
Ano	1654.0	556.76	12.70	1906.7	1845.5	44084	32493	12398	30693	20095

Legendas

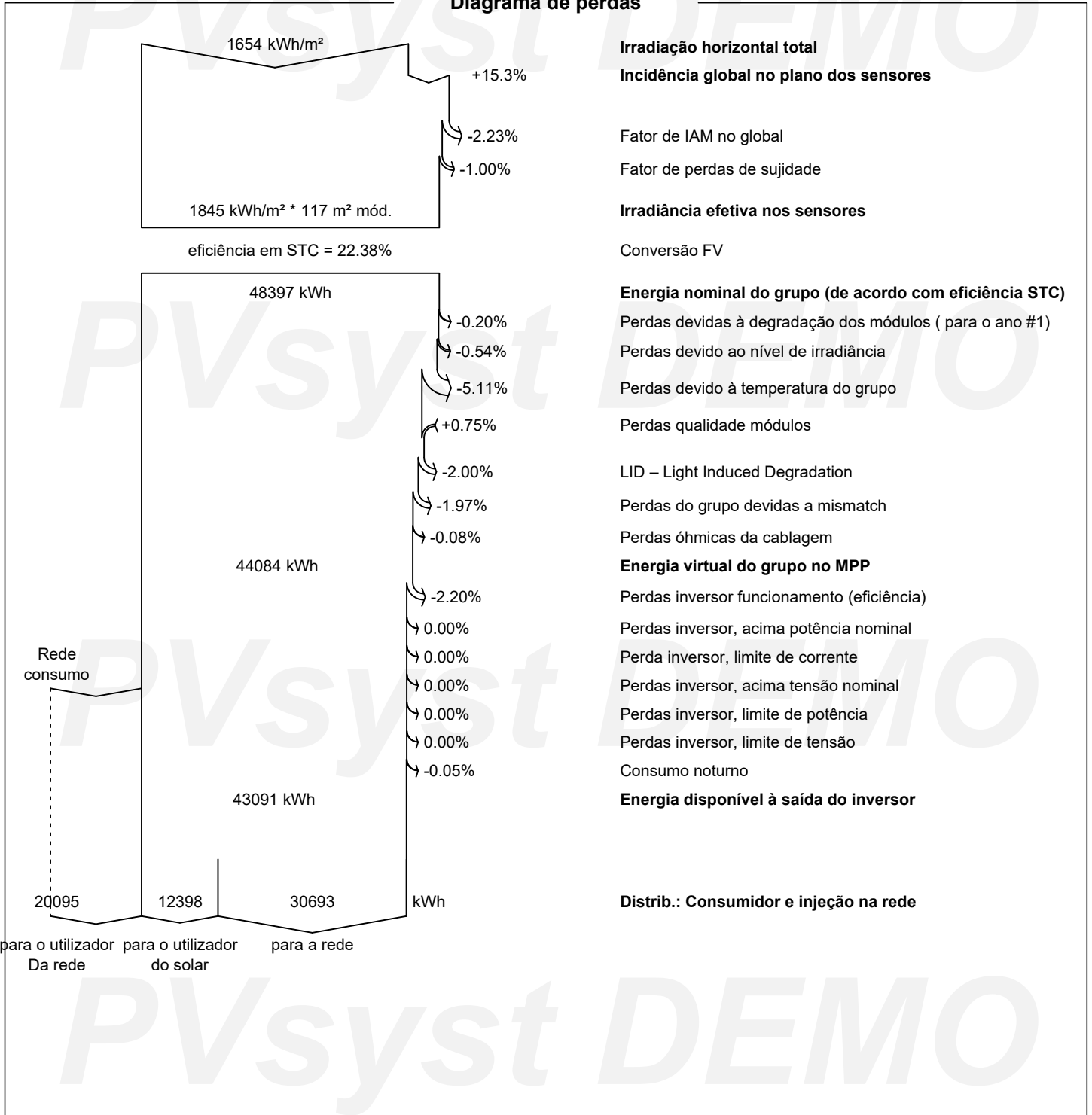
GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_User	Energia fornecida ao consumidor
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energia do sol
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores	E_Grid	Energia injetada na rede
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras	EFrGrid	Energia de rede



PVsyst V7.4.7

VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28 com V7.4.7

Diagrama de perdas





PVsyst V7.4.7

VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Fatores de produção e de perdas normalizados

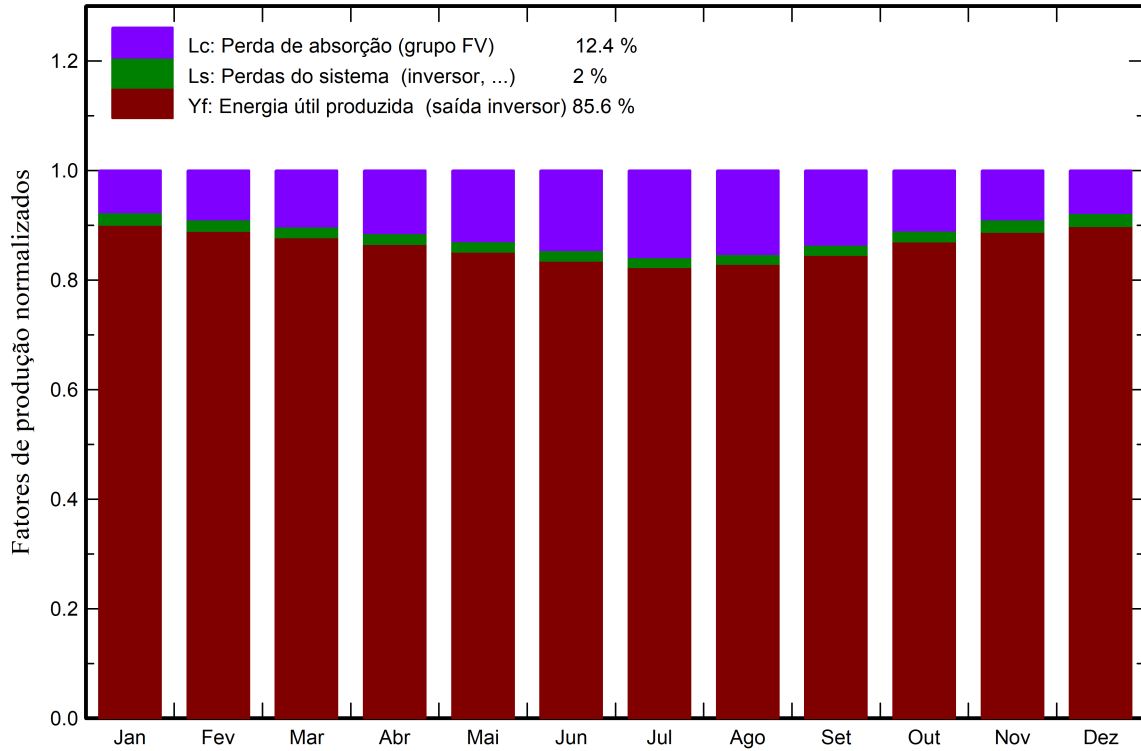
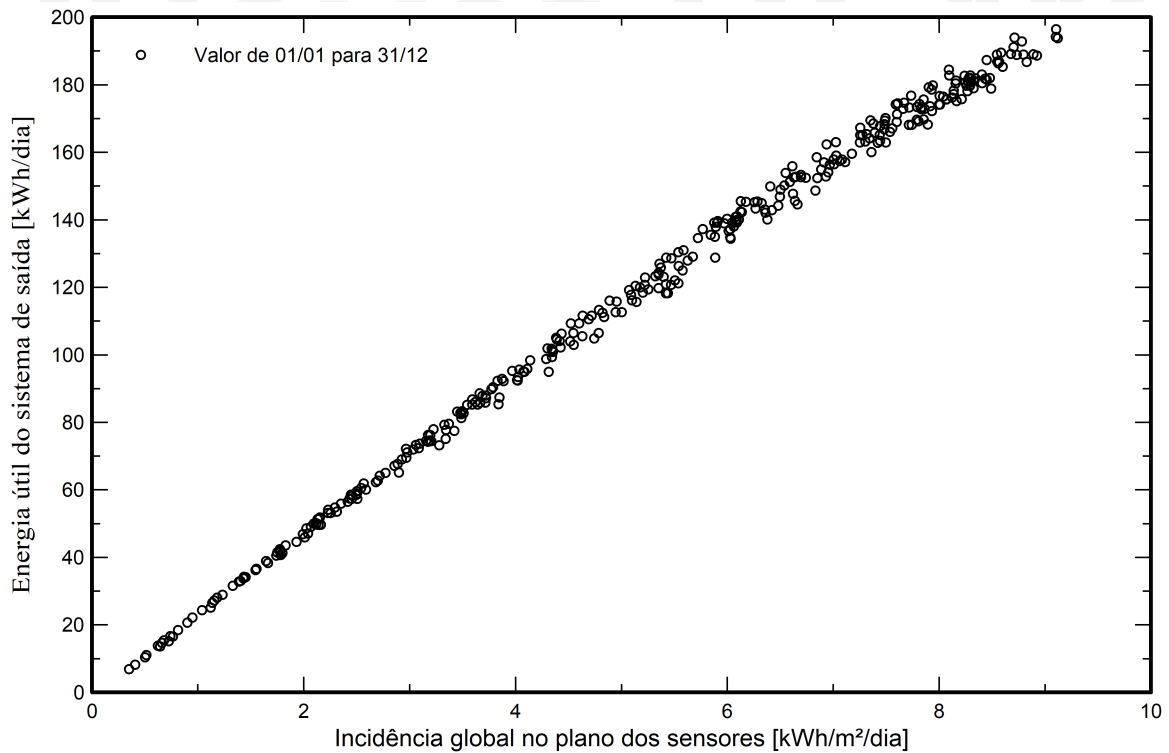


Diagrama de entrada / saída diário



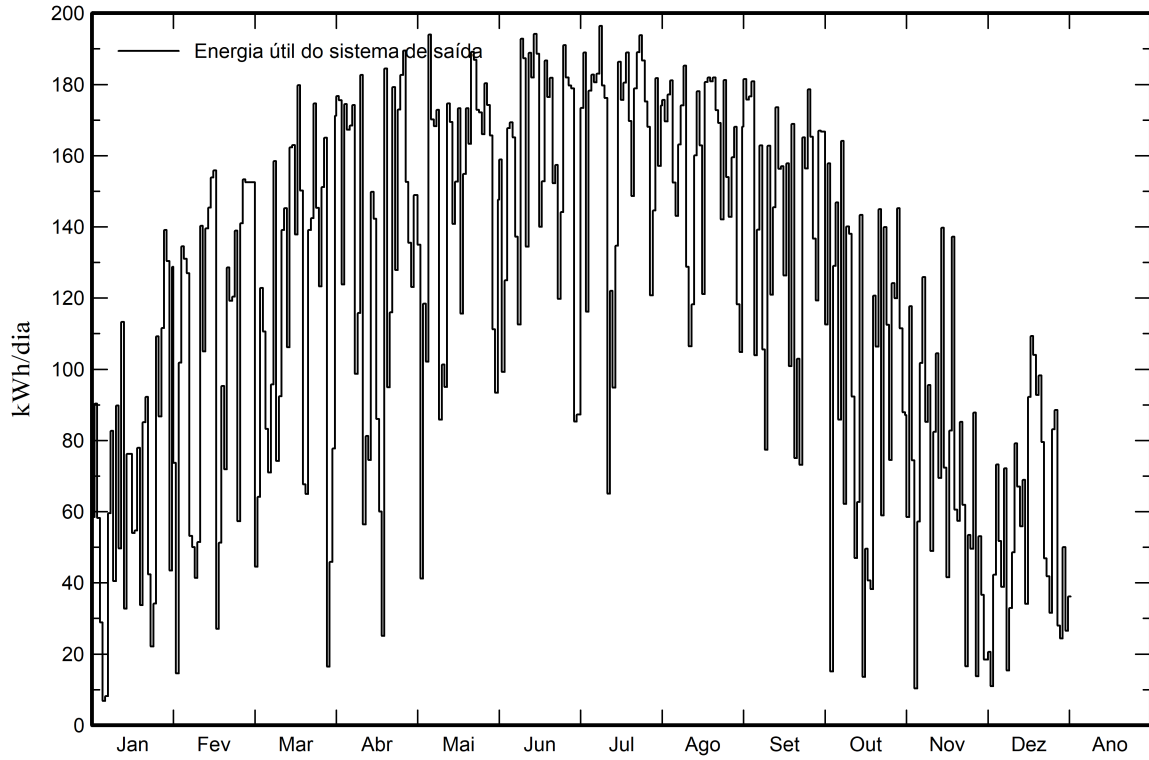


PVsyst V7.4.7

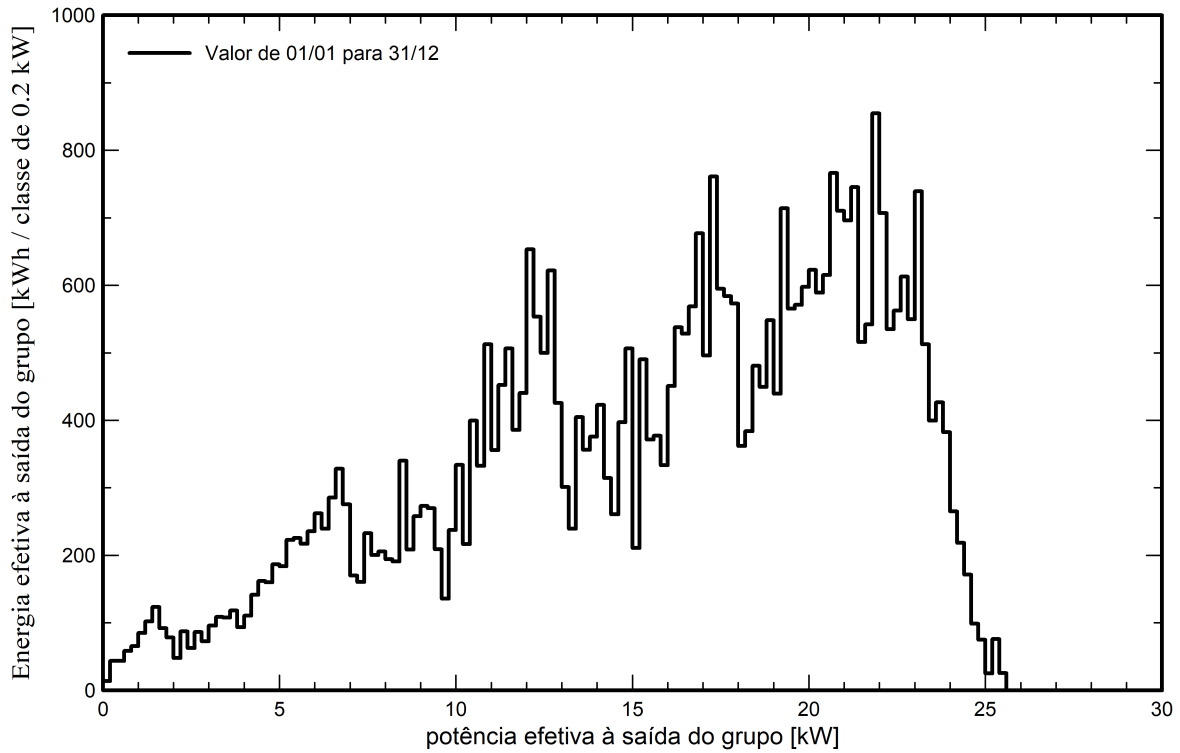
VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Energia diária à saída do sistema



Distribuição da potência do grupo



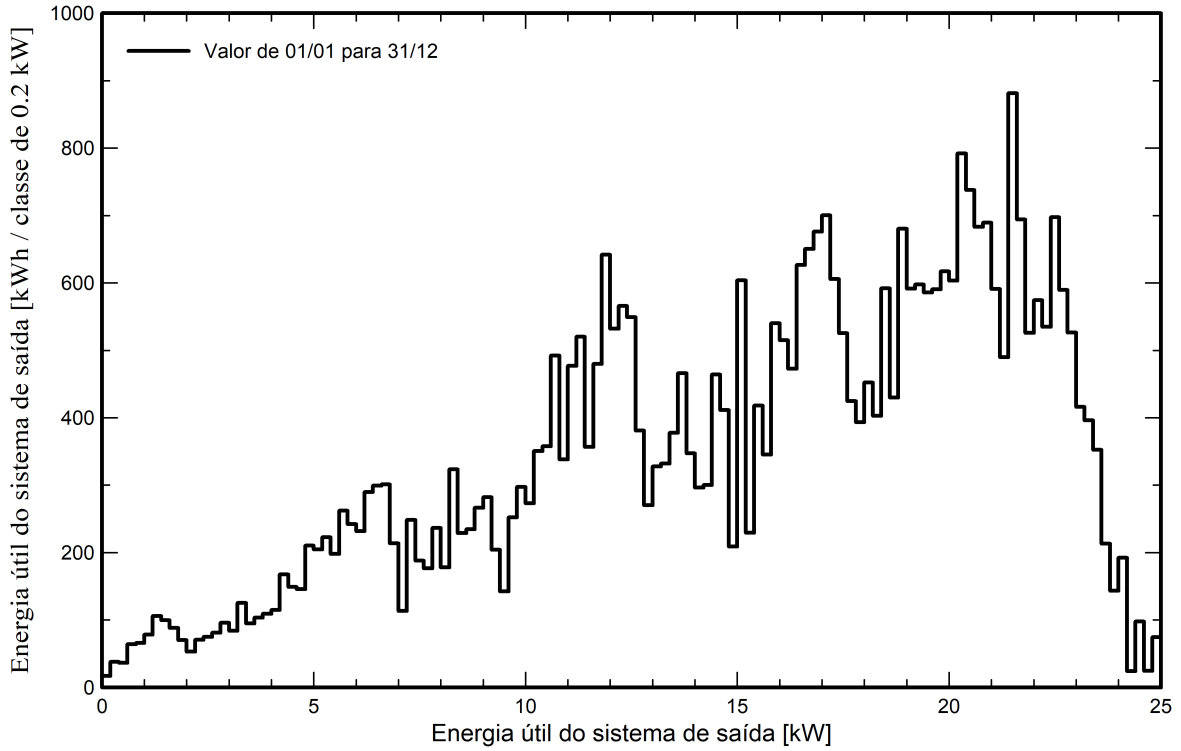


PVsyst V7.4.7

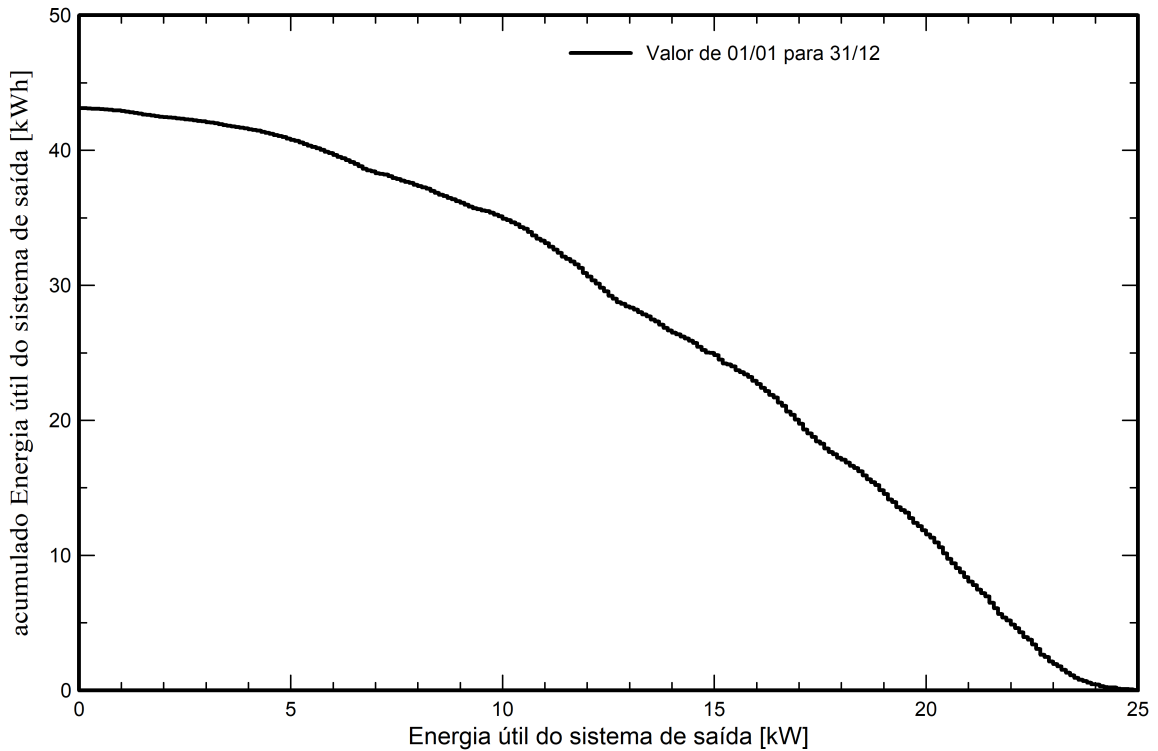
VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Distribuição da potência à saída do sistema



Distribuição cumulativa da potência de saída do sistema



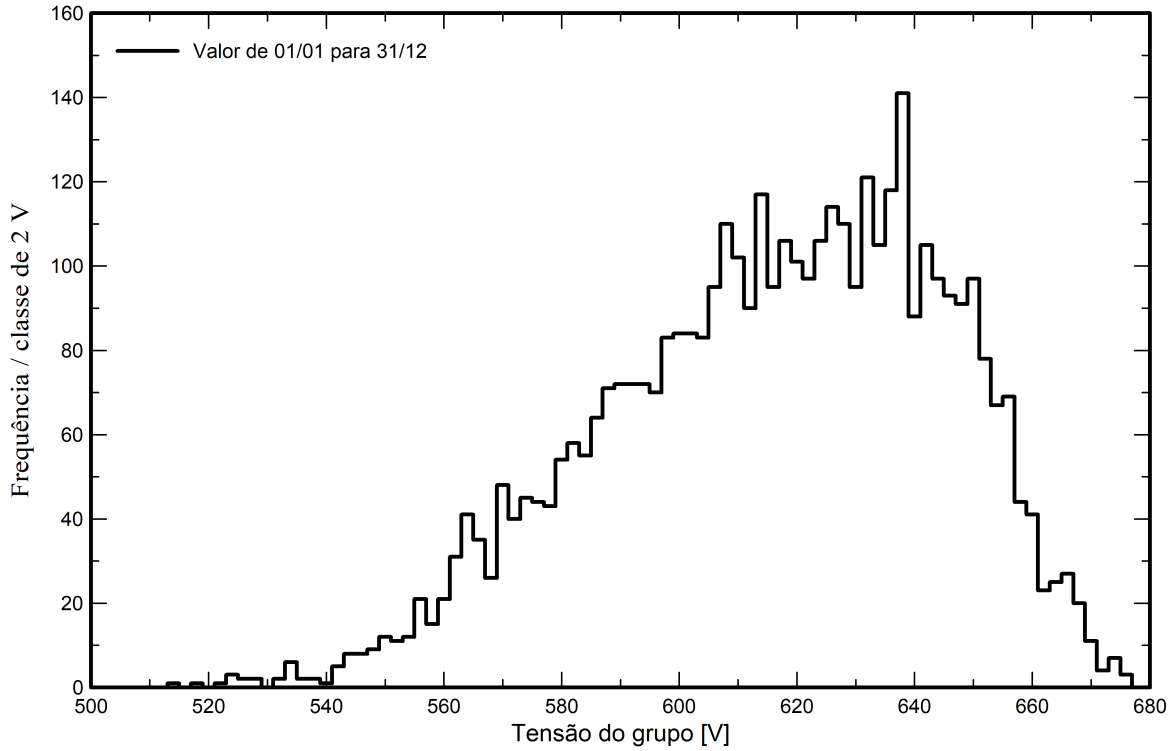


PVsyst V7.4.7

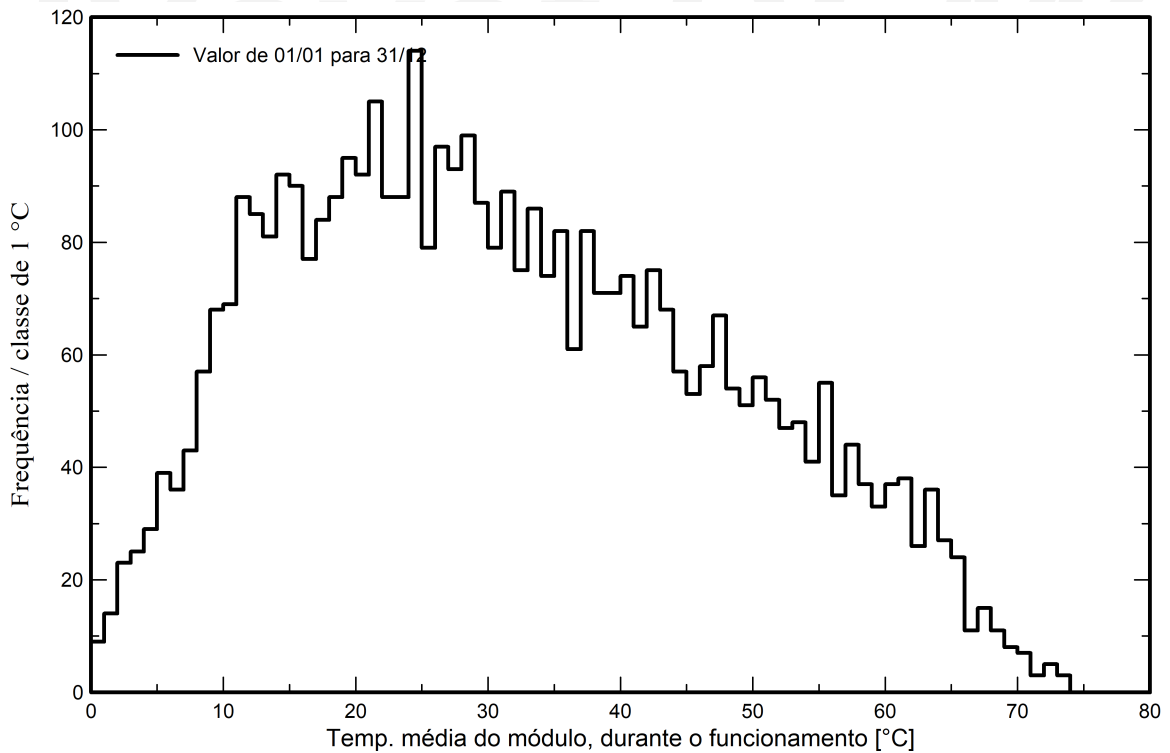
VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Distribuição da tensão do grupo



Distribuição da temperatura do grupo durante o funcionamento





PVsyst V7.4.7

VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Avaliação P50 – P90

Dados meteorológicos

Origem Meteororm 8.1 (1996-2015)
Tipo Médias mensais
Sintético - Média plurianual
Variação de um ano para o outro (Variância) 4.3 %

Desvio especificado

Mudança climática 0.0 %

Varição global (dados meteorológicos e sistema)

Variação (Soma quadrática) 4.7 %

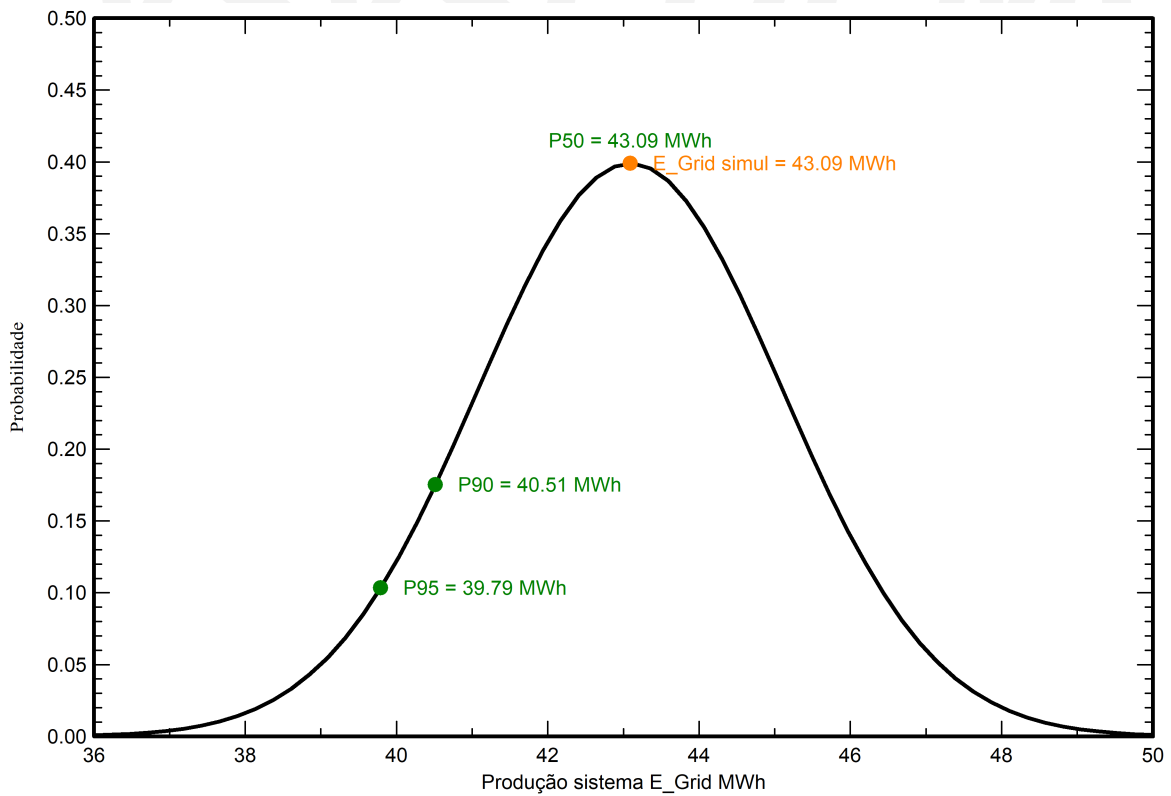
Incertezas sobre a simulação e os parâmetros

Parâm./modelo do módulo FV 1.0 %
Incerteza eficiência do inversor 0.5 %
Incertezas sujidade e mismatch 1.0 %
Incerteza acerca da degradação 1.0 %

Probabilidade de produção anual

Variação 2.01 MWh
P50 43.09 MWh
P90 40.51 MWh
P95 39.79 MWh

Distribuição de probabilidade





PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Custo do sistema

Custos da instalação

Item	Quantidade unidades	Custo EUR	Total EUR
Módulos FV LR5-54HTB-440M	60	100.00	6 000.00
Inversores Sunny Tripower X - STP25-50	1	3 000.00	3 000.00
Outros componentes Acessórios, fixações	1	250.00	250.00
Instalação Licenciamento	1	200.00	200.00
Mão de obra	1	1 000.00	1 000.00
		Total	10 450.00
		Bem amortizável	9 250.00

Custos de operação

Item	Total EUR/ano
Manutenção Provisão destinada à substituição do inversor	300.00
Limpeza	20.00
Reparações de avarias	20.00
Total (OPEX)	340.00
Incluindo inflação (2.00%)	435.61

Resumo do sistema

Custo total de instalação	10 450.00 EUR
Custos de operação (incluindo inflação 2.00%/ano)	435.61 EUR/ano
Energia solar útil	12.4 MWh/ano
Energia vendida à rede	30.7 MWh/ano
Custo da energia produzida (LCOE)	0.0185 EUR/kWh



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Análise financeira

Período de simulação

Duração do projeto 25 anos Ano de início 2025

Variação dos rendimentos ao longo do tempo

Inflação 2.00 %/ano
Variação da produção (envelhecimento) 0.55 %/ano
Taxa de desconto 0.00 %/ano

Despesas dependentes dos rendimentos

Taxa de imposto sobre rendimentos 0.00 %/ano
Outros impostos sobre os rendimentos 0.00 %/ano
Dividendos 0.00 %/ano

Bens amortizáveis

Ativo	Método de amortização	Período de amortização (anos)	Valor resgate (EUR)	Amortizável (EUR)
Módulos FV				
LR5-54HTB-440M	Linha reta	20	0.00	6 000.00
Inversores				
Sunny Tripower X - STP25-50	Linha reta	20	0.00	3 000.00
Acessórios, fixações	Linha reta	20	0.00	250.00
		Total	0.00	9 250.00

Financiamento

Fundos próprios 10 450.00 EUR

Venda de eletricidade

Tarifa de compra 0.06000 EUR/kWh
Duração da garantia de tarifas 20 anos
Imposto anual de ligação 0.00 EUR/kWh
Variação da tarifa anual +1.0 %/ano
Diminuição da tarifa de compra depois da garantia 0.00 %

Autoconsumo

Tarifa de consumo 0.18000 EUR/kWh
Evolução das tarifas +2.0 %/ano

Rendimento

Período de amortização 2.7 anos
Valor atual líquido (VPN) 110 902.63 EUR
Taxa de rentabilidade interna (TRI) 37.85 %
Rendimento (ROI) 1061.3 %



PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Análise financeira

Resultados económicos pormenorizados (EUR)

Ano	Venda de eletricidade	Fundos próprios	Custos operação	Subsídio de amortização	Rendimento taxável	Impostos	Lucro depois do imposto	Poupança auto-cons.	Lucro cumulado	% amortec.
0	0	10 450	0	0	0	0	0	0	-10 450	0.0%
1	1 843	0	340	463	1 040	0	1 503	2 232	-6 715	35.7%
2	1 872	0	347	463	1 062	0	1 525	2 289	-2 902	72.2%
3	1 901	0	354	463	1 084	0	1 547	2 347	993	109.5%
4	1 930	0	361	463	1 107	0	1 569	2 408	4 970	147.6%
5	1 960	0	368	463	1 130	0	1 592	2 469	9 031	186.4%
6	1 991	0	375	463	1 153	0	1 615	2 532	13 179	226.1%
7	2 022	0	383	463	1 176	0	1 639	2 597	17 415	266.7%
8	2 053	0	391	463	1 200	0	1 663	2 664	21 742	308.1%
9	2 085	0	398	463	1 224	0	1 687	2 732	26 160	350.3%
10	2 118	0	406	463	1 249	0	1 711	2 802	30 674	393.5%
11	2 151	0	414	463	1 274	0	1 736	2 874	35 283	437.6%
12	2 184	0	423	463	1 299	0	1 761	2 947	39 992	482.7%
13	2 218	0	431	463	1 324	0	1 787	3 023	44 802	528.7%
14	2 252	0	440	463	1 350	0	1 813	3 100	49 714	575.7%
15	2 287	0	449	463	1 376	0	1 839	3 180	54 733	623.8%
16	2 323	0	458	463	1 403	0	1 865	3 261	59 859	672.8%
17	2 359	0	467	463	1 430	0	1 892	3 345	65 096	722.9%
18	2 396	0	476	463	1 457	0	1 920	3 430	70 447	774.1%
19	2 433	0	486	463	1 485	0	1 948	3 518	75 912	826.4%
20	2 471	0	495	463	1 513	0	1 976	3 608	81 496	879.9%
21	2 485	0	505	0	1 979	0	1 979	3 701	87 176	934.2%
22	2 498	0	515	0	1 983	0	1 983	3 795	92 954	989.5%
23	2 512	0	526	0	1 986	0	1 986	3 893	98 833	1045.8%
24	2 526	0	536	0	1 990	0	1 990	3 992	104 815	1103.0%
25	2 540	0	547	0	1 993	0	1 993	4 095	110 903	1161.3%
Total	55 409	10 450	10 890	9 250	35 269	0	44 519	76 834	110 903	1161.3%

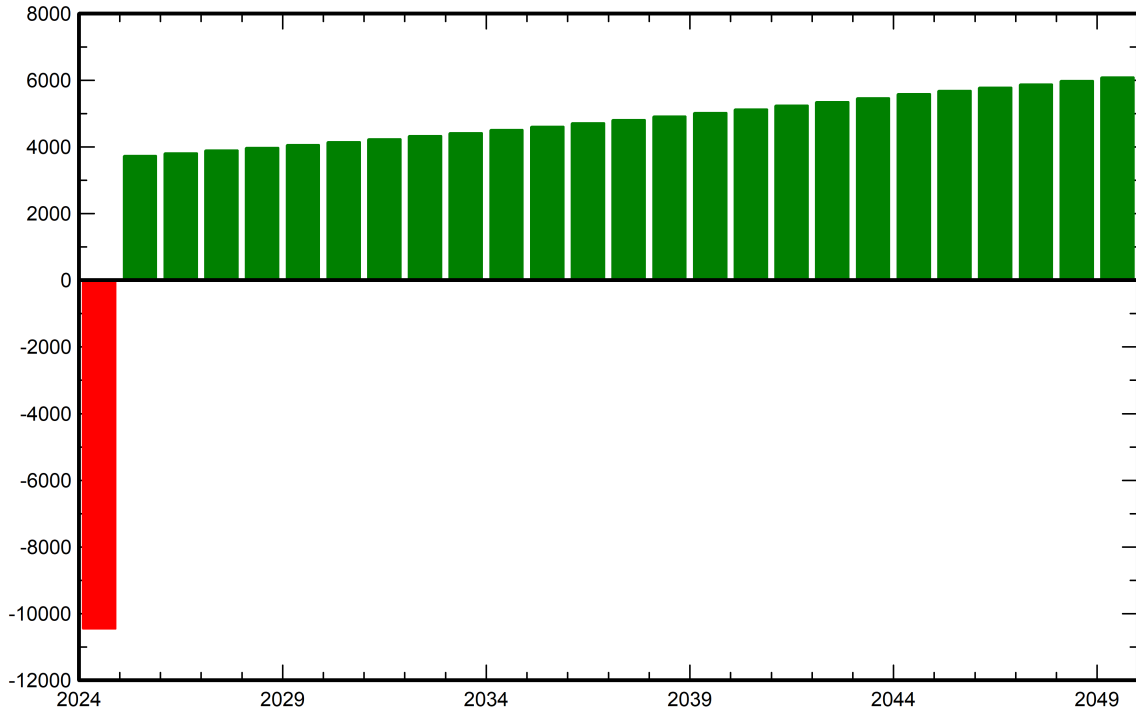


PVsyst V7.4.7

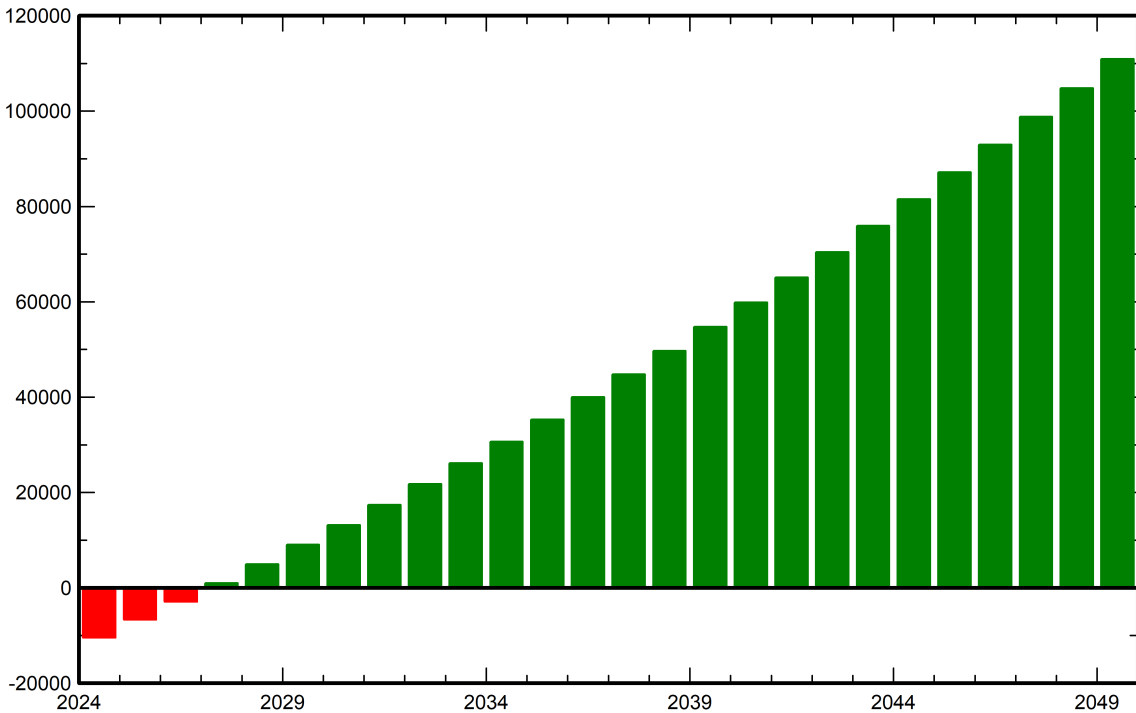
VC0, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Análise financeira

Lucro anual líquido (EUR)



Fluxo de caixa cumulado (EUR)





PVsyst V7.4.7

VCO, Data da simulação: 15/06/24 10:28
com V7.4.7

Balanco de emissões CO₂

Total: 281.7 tCO₂

Emissões geradas

Total: 46.82 tCO₂

Origem: Cálculo em detalhe na tabela abaixo

Emissões evitadas

Total: 369.7 tCO₂

Produção do sistema: 43.11 MWh/ano

LCE - Emissões da rede: 343 gCO₂/kWh

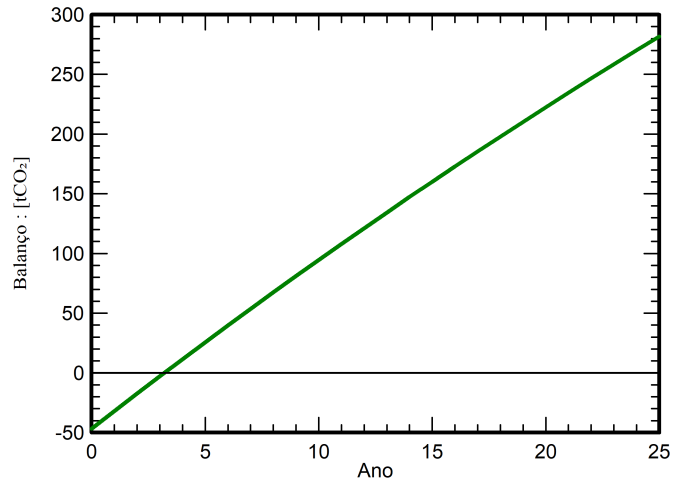
Origem: Lista TEA

País: Portugal

Tempo de vida: 25 anos

Deterioração anual: 1.0 %

Economia de emissões de CO₂ em função do tempo



Pormenores das emissões durante o ciclo de vida do sistema

Item	LCE	Quantidade	Subtotal [kgCO ₂]
Módulos	1713 kgCO ₂ /kWp	26.4 kWp	45216
Suporta	2.29 kgCO ₂ /kg	600 kg	1373
Inversores	227 kgCO ₂ /unidades	1.00 unidades	227

PVsyst - Relatório da simulação

Sistema acoplado à rede

Projeto: Pousada de Juventude de Bragança
Variante: AUTOCONSUMO COM ARMAZENAMENTO

Potência sistema: 26.40 kWp
POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA - Portugal



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Resumo do projeto

Localização geográfica

POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA
Portugal

Localização

Latitude 41.80 °N
Longitude -6.77 °W
Altitude 716 m
Fuso horário UTC

Parâmetros projeto

Albedo 0.20

Dados meteorológicos

POUSADA DE JUVENTUDE DE BRAGANÇA
Meteonorm 8.1 (1996-2015) - Sintético

Resumo do sistema

Sistema acoplado à rede

Simulação do ano número 1

Orientação do plano dos módulos

Plano fixo
Inclinação/Azimute 30 / 0 °

Sombras próximas

Sem sombras

Exigências do consumidor

Valores mensais

Informação do sistema

Grupo FV

Nr. de módulos 60 unidades
Pnom total 26.40 kWp

Inversores

Número de unidades 1 unidade
Pnom total 25.00 kWca
Rácio Pnom 1.056

Conjunto baterias

Estratégia de armazenamento : autoconsumo
Número de unidades 1 unidade
Tensão 410 V
Capacidade 100 Ah

Resumo dos resultados

Energia produzida	41595 kWh/ano	Produção específica	1576 kWh/kWp/ano	Índice de perf. PR	82.63 %
Energia utilizada	32493 kWh/ano			Fração solar	66.94 %

Índice

Resumo do projeto e dos resultados	2
Parâmetros gerais, Características do grupo FV, Perdas do sistema	3
Resultados principais	5
Diagrama de perdas	6
Gráficos predefinidos	7
Avaliação P50 – P90	11
Custo do sistema	12
Análise financeira	13
Balanco de emissões CO ₂	16



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Parâmetros gerais

Sistema acoplado à rede

Horizonte

Sem horizonte

Orientação do plano dos módulos

Orientação

Plano fixo

Inclinação/Azimute 30 / 0 °

Configuração dos sheds

Não há um desenho 3D definido

Modelos utilizados

Transposição Perez
Difuso Perez, Meteonorm
Cicumsolar separado

Sombras próximas

Sem sombras

Armazenamento

Tipo autoconsumo

Estratégia de carregamento

Quando excesso de energia solar está disponível A partir do momento em que há necessidade de potên

Estratégia de descarregamento

Exigências do consumidor

Valores mensais

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Ano	
3.96	3.78	3.18	2.33	2.29	2.15	1.79	2.25	2.06	2.35	2.68	3.68	32.5	MWh/mês

Características do grupo FV

Módulo FV

Fabricante Longi Solar
Modelo LR5-54HTB-440M
(Parâmetros definidos pelo utilizador)Potência unitária 440 Wp
Número de módulos FV 60 unidades
Nominal (STC) 26.40 kWp
Módulos 3 string x 20 Em série
Em condições de func. (50°C)
Pmpp 24.32 kWp
Umpp 603 V
Impp 40 A

Potência FV total

Nominal (STC) 26 kWp
Total 60 módulos
Superfície módulos 117 m²
Superfície célula 107 m²

Armazenamento da bateria

Bateria

Fabricante Deye
Modelo BOS-G 8 - 40.96 kWh

Conjunto baterias

Número de unidades 1 Unidade
Descarregamento min. SOC 20.0 %
Energia armazenada 32.8 kWh

Inversor

Fabricante Goodwe
Modelo GW25K-ET
(Base de dados original do PVsyst)Potência unitária 25.0 kWca
Número de inversores 3 * MPPT 33% 1 unidade
Potência total 25.0 kWca
Tensão de funcionamento 200-850 V
Potência máx. (=>25°C) 27.5 kWca
Rácio Pnom (DC:AC) 1.06
Não há partilha de potência entre MPPTs

Potência total inversor

Potência total 25 kWca
Número de inversores 1 unidade
Rácio Pnom 1.06

Características do conjunto de baterias

Tensão 410 V
Capacidade nominal 100 Ah (C10)
Temperatura Média entre fixada 20 °C e exterior



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Características do grupo FV

Armazenamento da bateria

Carregador da bateria

Modelo	Genérico
Potência máxima de carga	25.0 kWdc
Efic. Máx/Euro	97.0/95.0 %

Inversor Bateria-Rede

Modelo	Genérico
Potência máxima de descarga	5.6 kWca
Efic. Máx/Euro	97.0/95.0 %

Perdas do grupo

Perdas sujidade grupo

Fração perdas 1.0 %

Fator de perdas térm.

Temperatura módulos em função irradiância	
Uc (const.)	20.0 W/m ² K
Uv (vento)	0.0 W/m ² K/m/s

Perdas de cablagem DC

Res. global do grupo	19 mΩ
Fração perdas	0.1 % em STC

LID - "Light Induced Degradation"

Fração perdas 2.0 %

Perdas de qualidade dos módulos

Fração perdas -0.8 %

Perdas dos módulos com mismatch

Fração perdas 2.0 % no MPP

Degradação média dos módulos

Ano n°	1
Fator de perda	0.4 %/ano

Mismatch devido á degradação

RMS da dispersão de Imp	0.4 %/ano
RMS da dispersão de Vmp	0.4 %/ano

Fator de perda IAM

Efeito de incidência (IAM): Fresnel, revestimento AR, n(vidro)=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



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Resultados principais

Produção do sistema

Energia produzida	41595 kWh/ano	Produção específica	1576 kWh/kWp/ano
Energia utilizada	32493 kWh/ano	Índice de perf. PR	82.63 %
		Fração solar	66.94 %

Envelhecimento da bateria (Estado de deterioração)

Ciclos SOW	94.6 %
SOW estático	90.3 %
Duração de uma bateria	10.3 anos

Avaliação económica

Investimento

Global	23 450.00 EUR
Específico	0.89 EUR/Wp

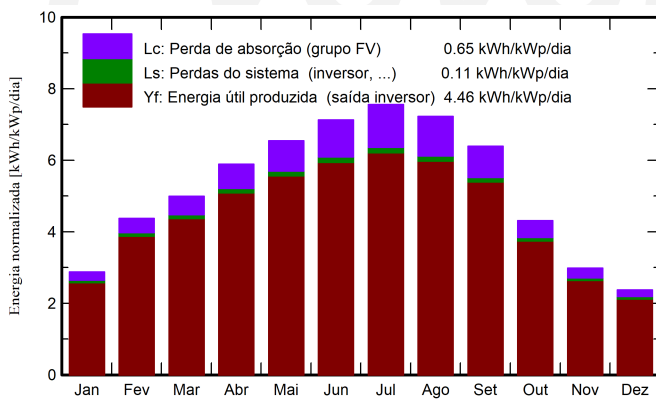
Custo anual

Anuidades	0.00 EUR/ano
Custos operação	499.67 EUR/ano
Período amortização	4.8 anos

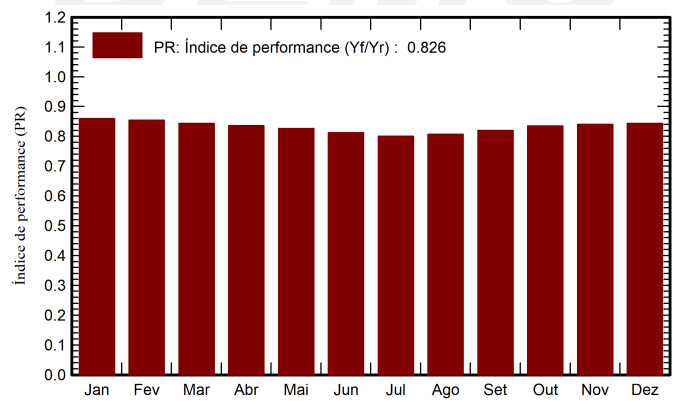
LCOE

Custo da energia	0.03 EUR/kWh
------------------	--------------

Produções normalizadas (por kWp instalado)



Índice de performance (PR)



Balances e resultados principais

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
Janeiro	54.8	26.69	4.30	89.0	86.4	2171	3955	1687	334	2268
Fevereiro	82.0	28.30	5.53	122.4	119.2	2943	3778	1886	876	1892
Março	123.0	50.57	8.70	154.8	150.0	3669	3184	2071	1375	1113
Abril	160.2	61.21	10.88	176.8	171.2	4133	2327	1876	2028	451
Mai	203.2	74.60	14.98	203.0	195.8	4665	2292	2005	2421	287
Junho	224.9	66.87	19.41	213.9	206.1	4825	2150	1984	2604	166
Julho	240.4	53.58	22.12	234.3	225.7	5206	1785	1781	3173	4
Agosto	209.3	54.99	22.11	224.0	216.6	5010	2245	2014	2759	231
Setembro	156.3	45.68	18.24	191.7	186.0	4374	2060	1821	2328	239
Outubro	96.7	40.54	13.35	133.8	129.9	3143	2354	1695	1254	659
Novembro	58.0	28.60	7.54	89.6	87.0	2153	2684	1481	505	1203
Dezembro	45.2	25.13	4.70	73.6	71.4	1792	3679	1451	188	2228
Ano	1654.0	556.76	12.70	1906.7	1845.5	44083	32493	21752	19843	10741

Legendas

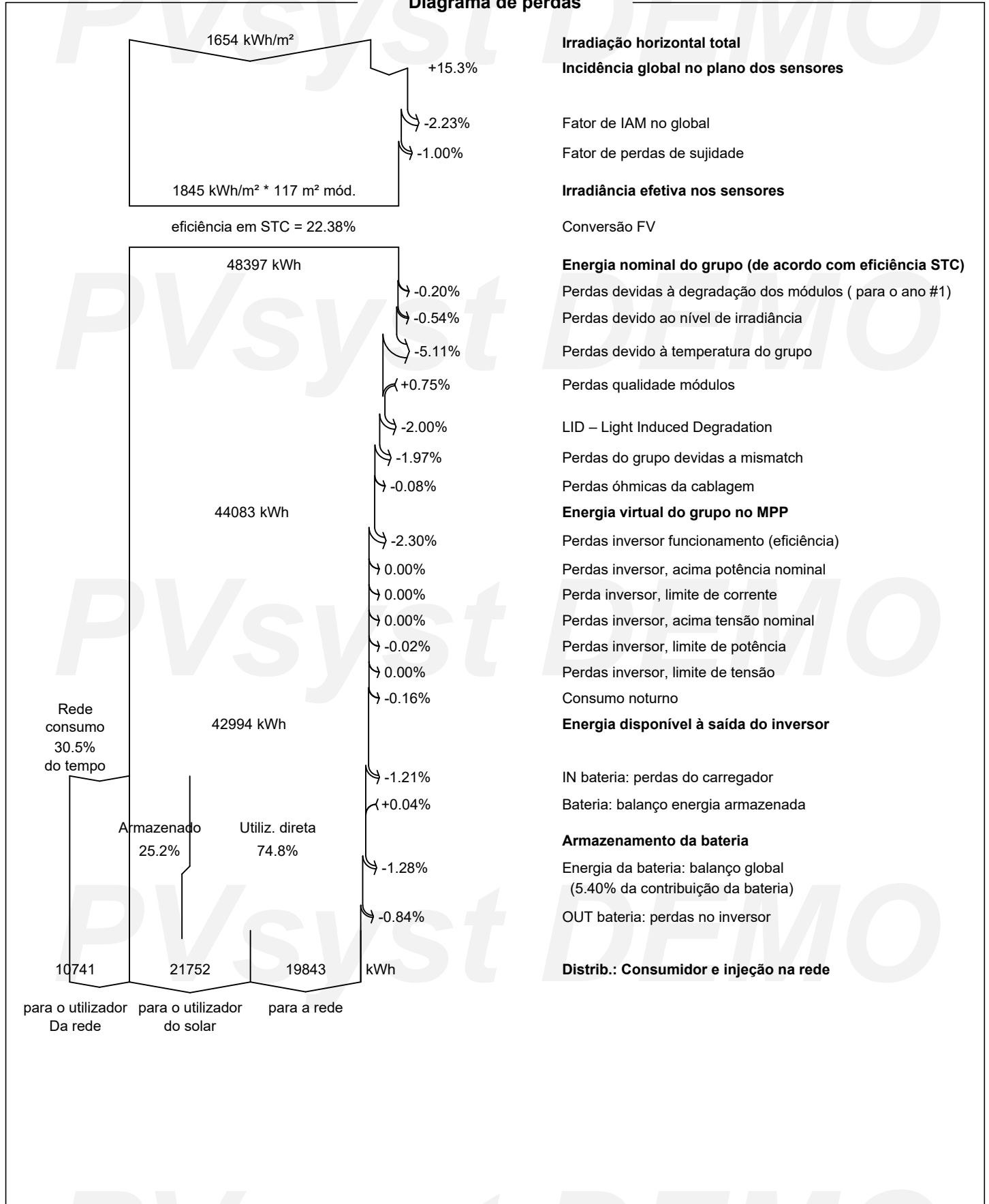
GlobHor	Irradiação horizontal total	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_User	Energia fornecida ao consumidor
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energia do sol
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores	E_Grid	Energia injetada na rede
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras	EFrGrid	Energia de rede



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45 com V7.4.7

Diagrama de perdas





PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Fatores de produção e de perdas normalizados

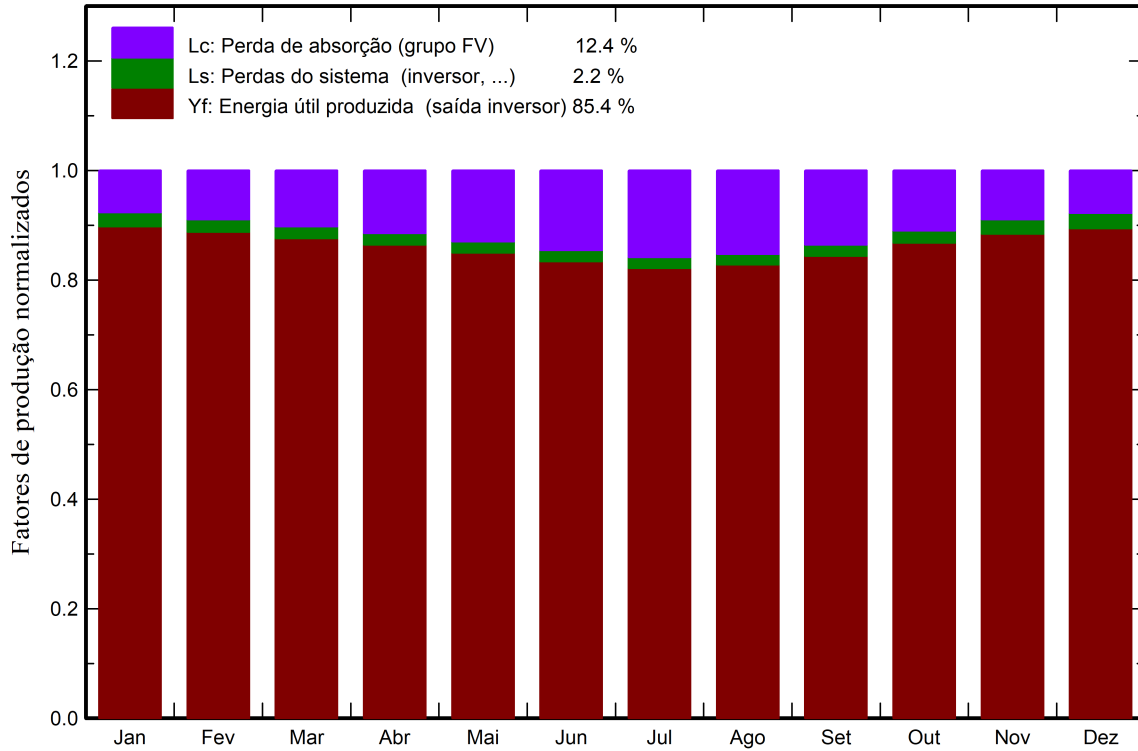
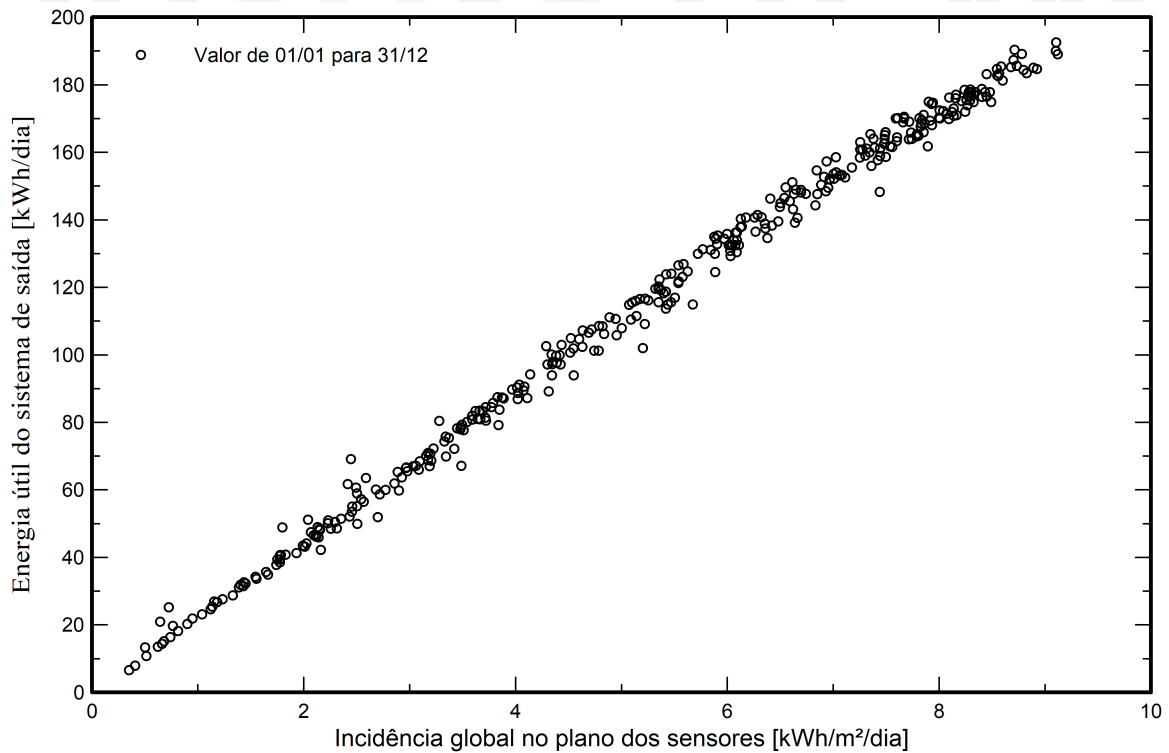


Diagrama de entrada / saída diário



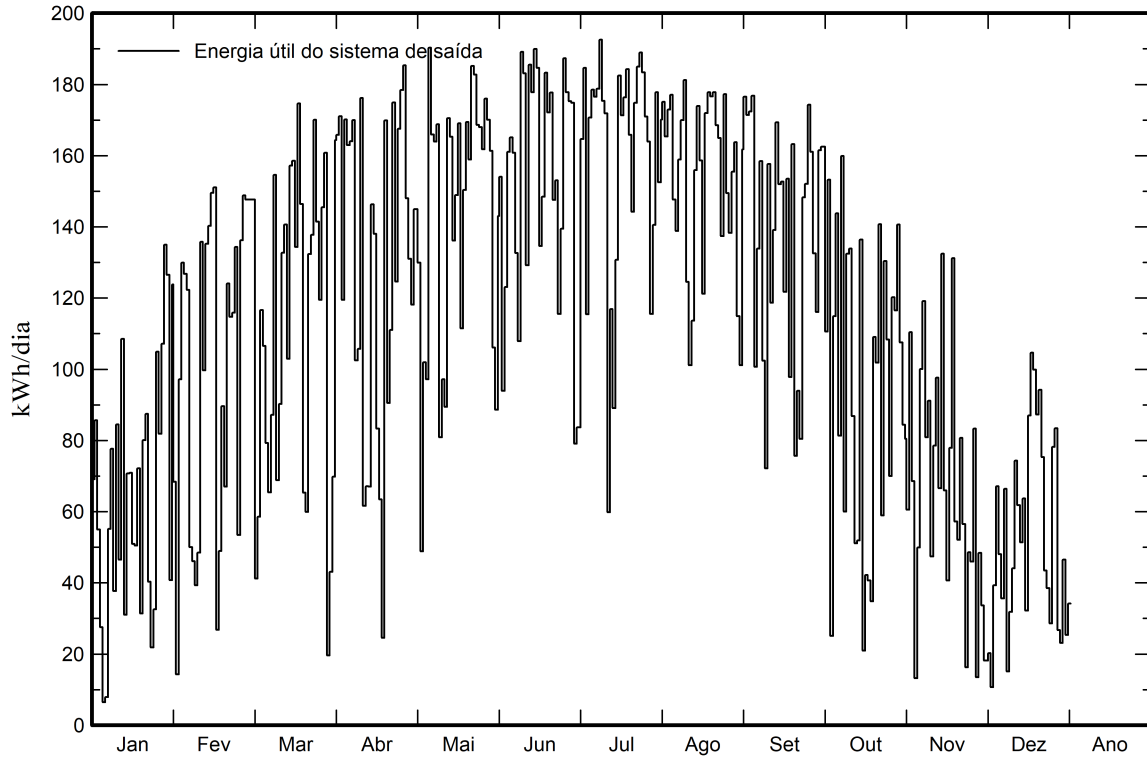


PVsyst V7.4.7

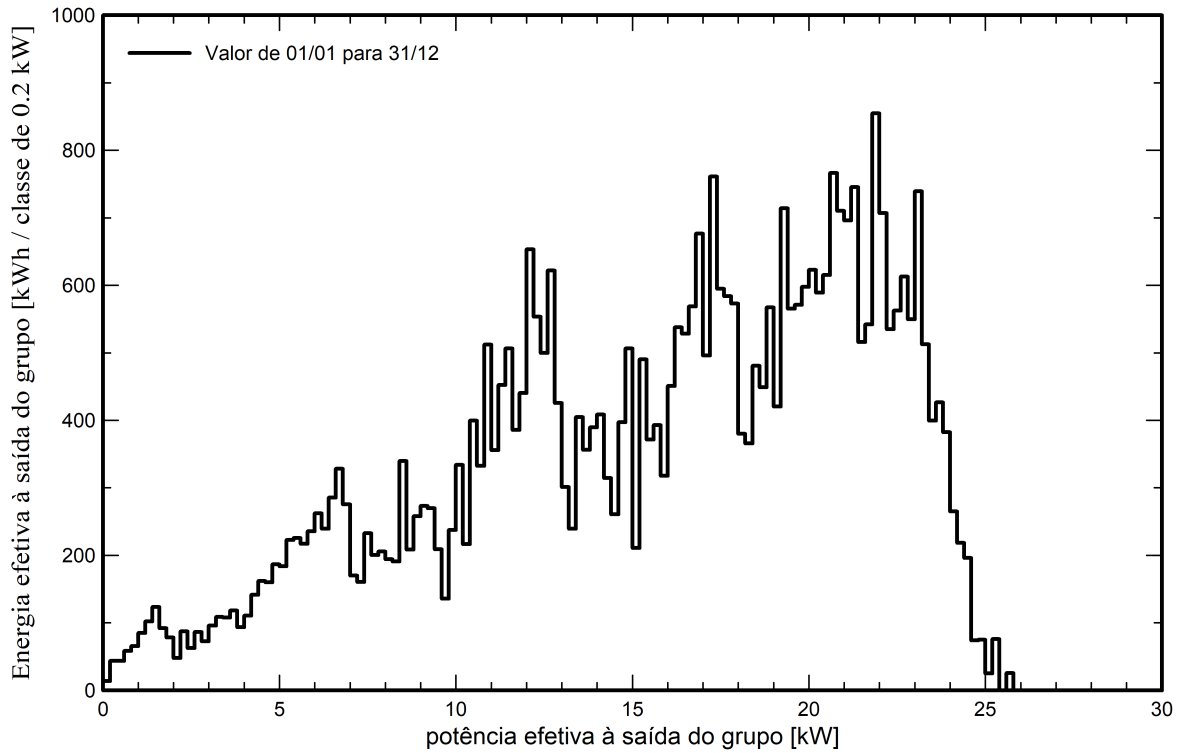
VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Energia diária à saída do sistema



Distribuição da potência do grupo



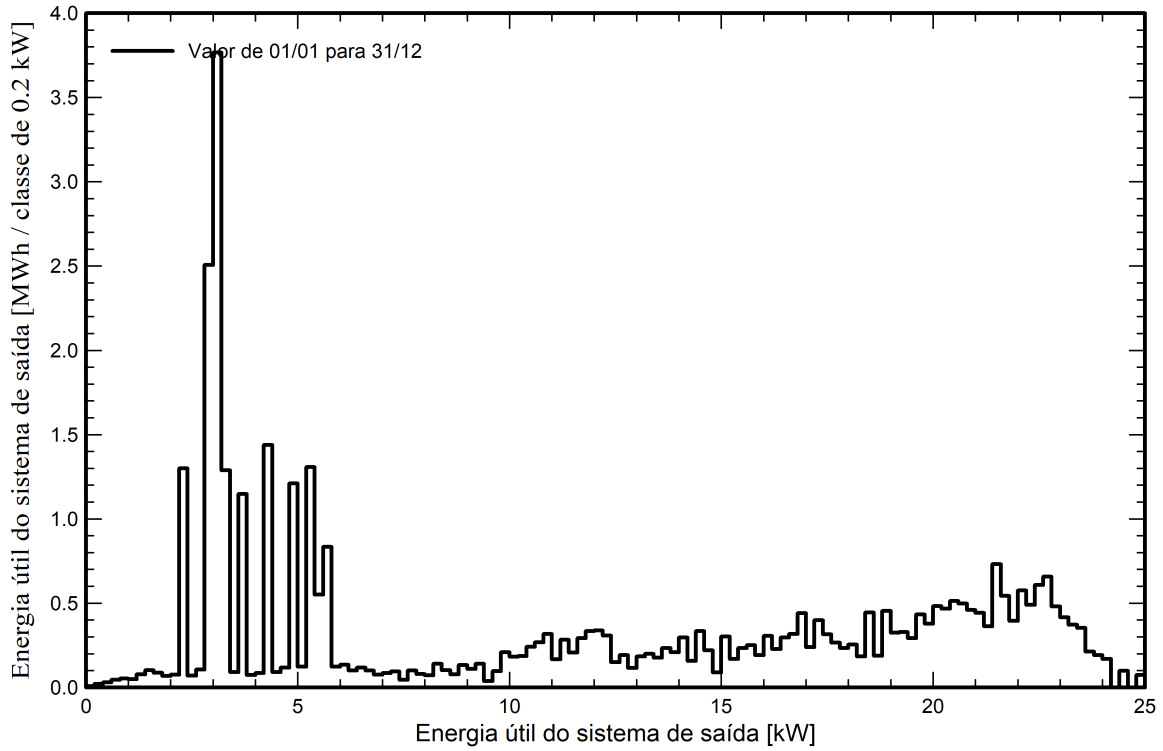


PVsyst V7.4.7

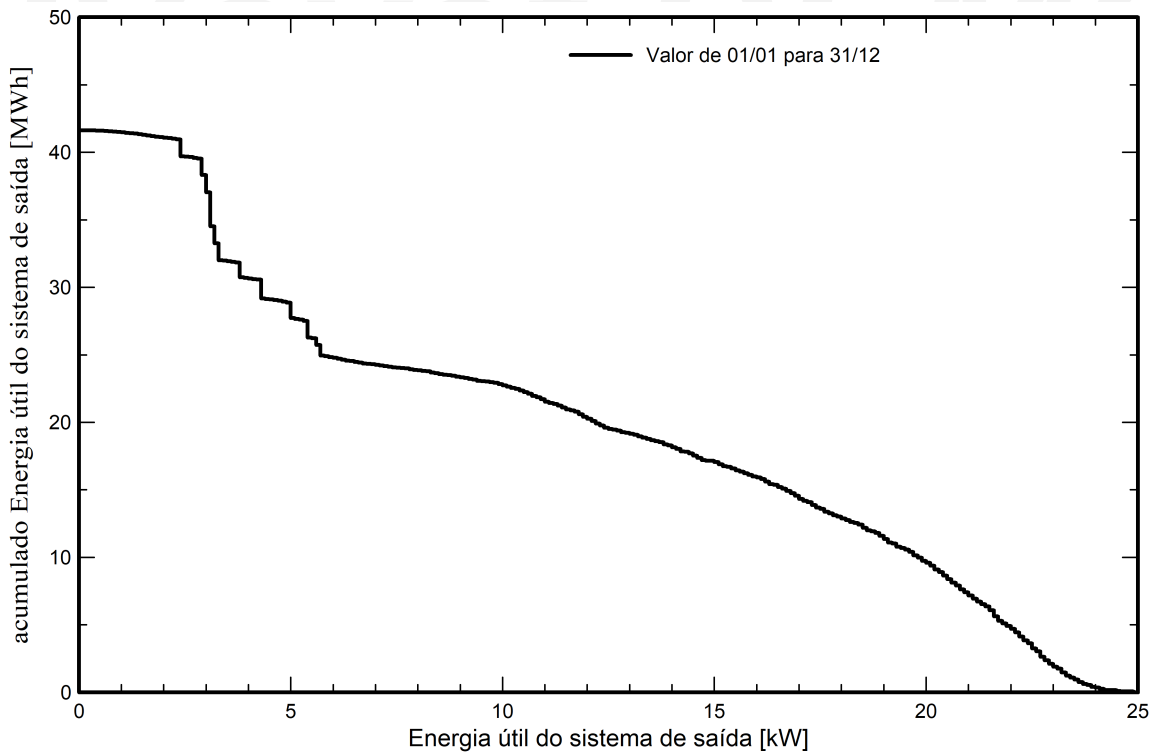
VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Distribuição da potência à saída do sistema



Distribuição cumulativa da potência de saída do sistema



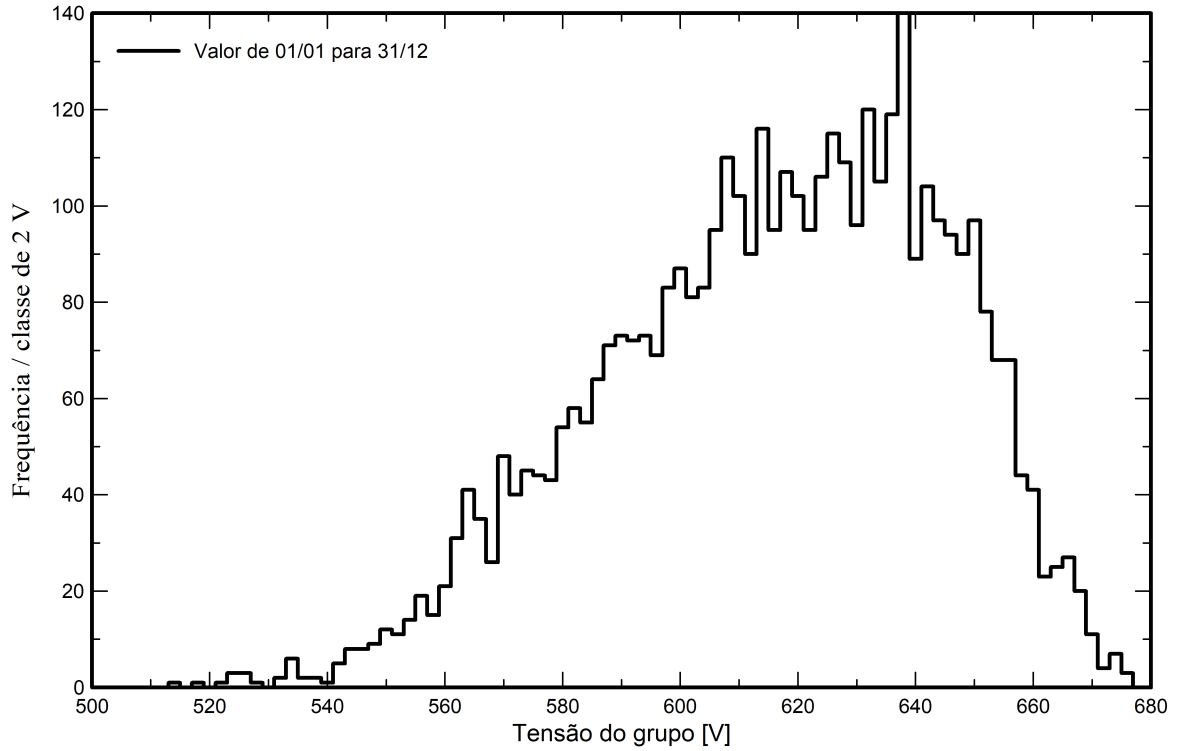


PVsyst V7.4.7

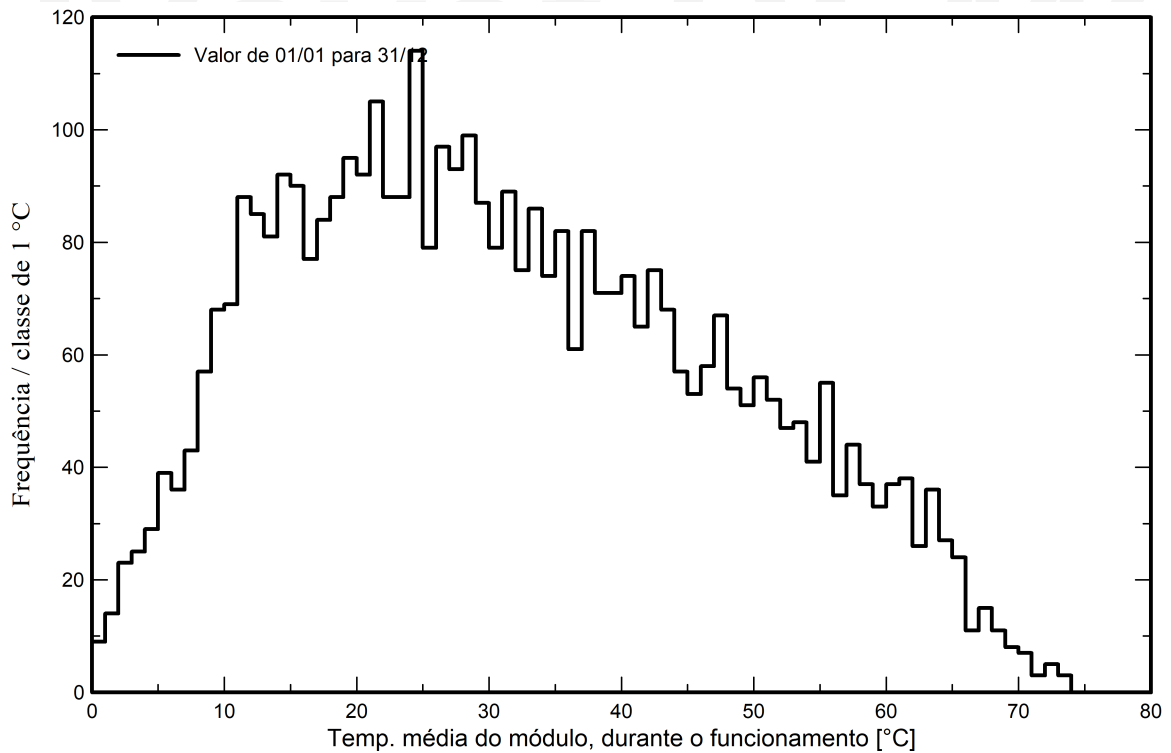
VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Gráficos predefinidos

Distribuição da tensão do grupo



Distribuição da temperatura do grupo durante o funcionamento





PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Avaliação P50 – P90

Dados meteorológicos

Origem Meteororm 8.1 (1996-2015)
Tipo Médias mensais
Sintético - Média plurianual
Variação de um ano para o outro (Variância) 4.3 %

Desvio especificado

Mudança climática 0.0 %

Varição global (dados meteorológicos e sistema)

Variação (Soma quadrática) 4.7 %

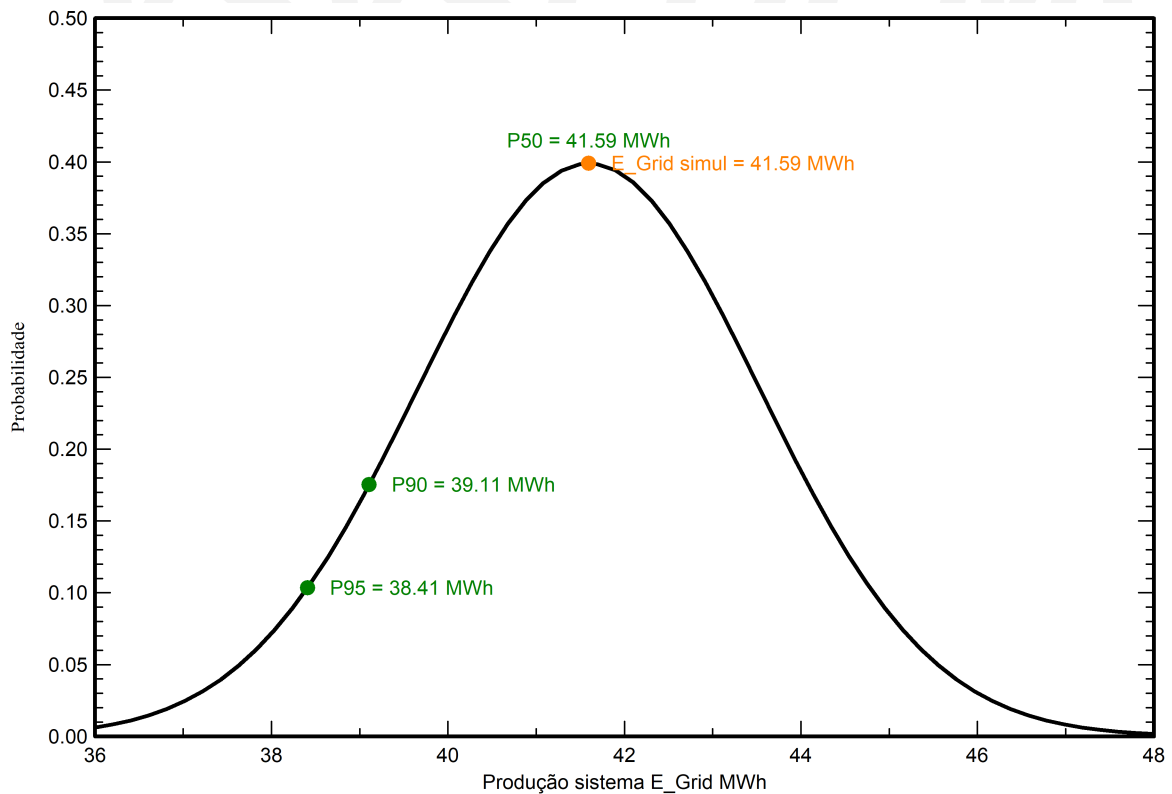
Incertezas sobre a simulação e os parâmetros

Parâm./modelo do módulo FV 1.0 %
Incerteza eficiência do inversor 0.5 %
Incertezas sujidade e mismatch 1.0 %
Incerteza acerca da degradação 1.0 %

Probabilidade de produção anual

Variação 1.94 MWh
P50 41.59 MWh
P90 39.11 MWh
P95 38.41 MWh

Distribuição de probabilidade





PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Custo do sistema

Custos da instalação

Item	Quantidade unidades	Custo EUR	Total EUR
Módulos FV LR5-54HTB-440M	60	100.00	6 000.00
Inversores GW25K-ET	1	3 500.00	3 500.00
Baterias			12 500.00
Outros componentes Acessórios, fixações	1	250.00	250.00
Instalação Licenciamento	1	200.00	200.00
Mão de obra	1	1 000.00	1 000.00
		Total	23 450.00
		Bem amortizável	22 250.00

Custos de operação

Item	Total EUR/ano
Manutenção Provisão destinada à substituição do inversor	350.00
Limpeza	20.00
Reparações de avarias	20.00
Total (OPEX)	390.00
Incluindo inflação (2.00%)	499.67

Resumo do sistema

Custo total de instalação	23 450.00 EUR
Custos de operação (incluindo inflação 2.00%/ano)	499.67 EUR/ano
Energia solar útil	21.8 MWh/ano
Energia vendida à rede	19.8 MWh/ano
Custo da energia produzida (LCOE)	0.0323 EUR/kWh



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Análise financeira

Período de simulação

Duração do projeto 25 anos Ano de início 2025

Variação dos rendimentos ao longo do tempo

Inflação 2.00 %/ano
Variação da produção (envelhecimento) 0.55 %/ano
Taxa de desconto 0.00 %/ano

Despesas dependentes dos rendimentos

Taxa de imposto sobre rendimentos 0.00 %/ano
Outros impostos sobre os rendimentos 0.00 %/ano
Dividendos 0.00 %/ano

Bens amortizáveis

Ativo	Método de amortização	Período de amortização (anos)	Valor resgate (EUR)	Amortizável (EUR)
Módulos FV				
LR5-54HTB-440M	Linha reta	20	0.00	6 000.00
Inversores				
GW25K-ET	Linha reta	25	0.00	3 500.00
Baterias	Linha reta	20	0.00	12 500.00
Acessórios, fixações	Linha reta	20	0.00	250.00
		Total	0.00	22 250.00

Financiamento

Fundos próprios 23 450.00 EUR

Venda de eletricidade

Tarifa de compra 0.06000 EUR/kWh
Duração da garantia de tarifas 20 anos
Imposto anual de ligação 0.00 EUR/kWh
Variação da tarifa anual +1.0 %/ano
Diminuição da tarifa de compra depois da garantia 0.00 %

Autoconsumo

Tarifa de consumo 0.18000 EUR/kWh
Evolução das tarifas +2.0 %/ano

Rendimento

Período de amortização 4.8 anos
Valor atual líquido (VPN) 134 831.14 EUR
Taxa de rentabilidade interna (TRI) 22.26 %
Rendimento (ROI) 575.0 %



PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Análise financeira

Resultados económicos pormenorizados (EUR)

Ano	Venda de eletricidade	Fundos próprios	Custos operação	Subsídio de amortização	Rendimento taxável	Impostos	Lucro depois do imposto	Poupança auto-cons.	Lucro cumulado	% amortec.
0	0	23 450	0	0	0	0	0	0	-23 450	0.0%
1	1 191	0	390	1 078	0	0	801	3 920	-18 729	20.1%
2	1 209	0	398	1 078	0	0	811	4 021	-13 897	40.7%
3	1 228	0	406	1 078	0	0	822	4 124	-8 951	61.8%
4	1 247	0	414	1 078	0	0	833	4 229	-3 888	83.4%
5	1 266	0	422	1 078	0	0	844	4 338	1 294	105.5%
6	1 286	0	431	1 078	0	0	856	4 449	6 598	128.1%
7	1 306	0	439	1 078	0	0	867	4 563	12 028	151.3%
8	1 326	0	448	1 078	0	0	878	4 680	17 586	175.0%
9	1 347	0	457	1 078	0	0	890	4 799	23 276	199.3%
10	1 368	0	466	1 078	0	0	902	4 922	29 100	224.1%
11	1 389	0	475	1 078	0	0	914	5 048	35 062	249.5%
12	1 411	0	485	1 078	0	0	926	5 178	41 166	275.5%
13	1 433	0	495	1 078	0	0	938	5 310	47 414	302.2%
14	1 455	0	505	1 078	0	0	951	5 446	53 811	329.5%
15	1 478	0	515	1 078	0	0	963	5 586	60 360	357.4%
16	1 501	0	525	1 078	0	0	976	5 729	67 065	386.0%
17	1 524	0	535	1 078	0	0	989	5 876	73 930	415.3%
18	1 548	0	546	1 078	0	0	1 002	6 026	80 957	445.2%
19	1 572	0	557	1 078	0	0	1 015	6 180	88 153	475.9%
20	1 596	0	568	1 078	0	0	1 028	6 339	95 519	507.3%
21	1 605	0	580	140	886	0	1 026	6 501	103 046	539.4%
22	1 614	0	591	140	883	0	1 023	6 667	110 736	572.2%
23	1 623	0	603	140	880	0	1 020	6 838	118 595	605.7%
24	1 632	0	615	140	877	0	1 017	7 013	126 625	640.0%
25	1 641	0	627	140	873	0	1 013	7 193	134 831	675.0%
Total	35 797	23 450	12 492	22 250	4 399	0	23 305	134 976	134 831	675.0%

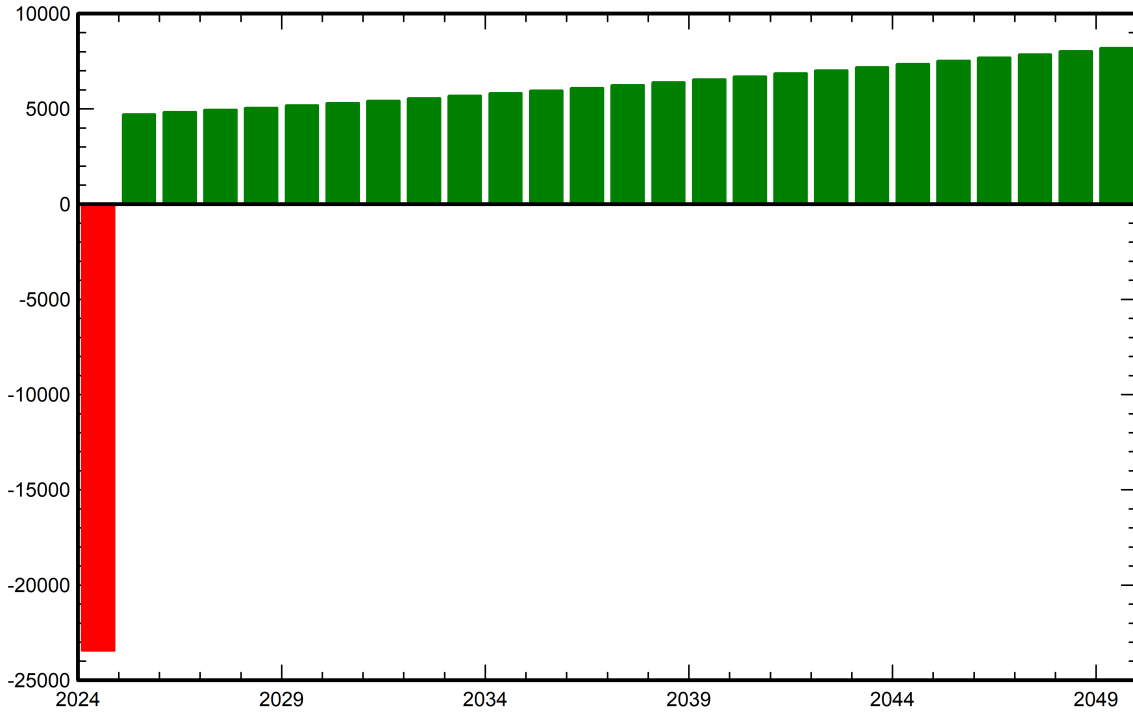


PVsyst V7.4.7

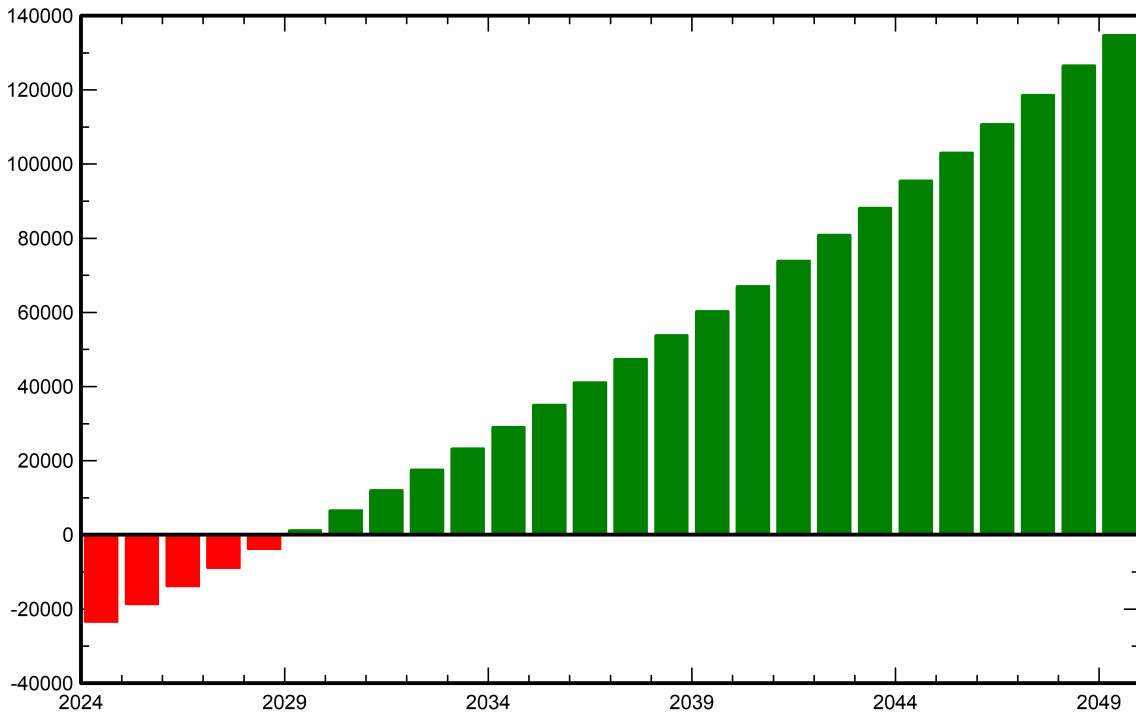
VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Análise financeira

Lucro anual líquido (EUR)



Fluxo de caixa cumulado (EUR)





PVsyst V7.4.7

VC1, Data da simulação: 15/06/24 11:45
com V7.4.7

Balanco de emissões CO₂

Total: 280.8 tCO₂

Emissões geradas

Total: 46.82 tCO₂

Origem: Cálculo em detalhe na tabela abaixo

Emissões evitadas

Total: 368.7 tCO₂

Produção do sistema: 42.99 MWh/ano

LCE - Emissões da rede: 343 gCO₂/kWh

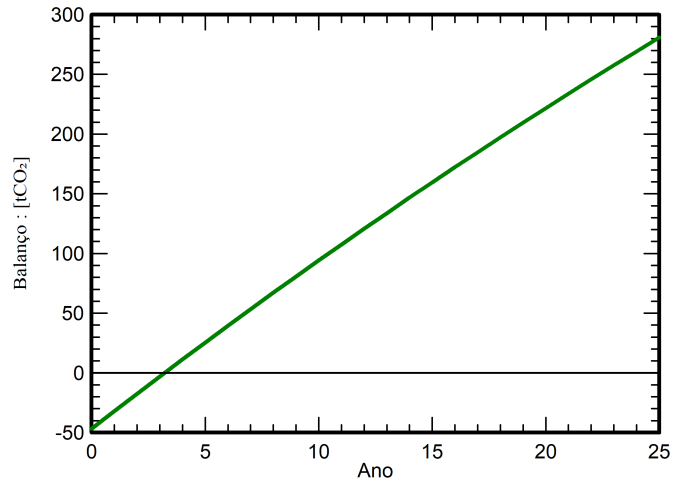
Origem: Lista TEA

País: Portugal

Tempo de vida: 25 anos

Deterioração anual: 1.0 %

Economia de emissões de CO₂ em função do tempo



Pormenores das emissões durante o ciclo de vida do sistema

Item	LCE	Quantidade	Subtotal [kgCO ₂]
Módulos	1713 kgCO ₂ /kWp	26.4 kWp	45216
Suporta	2.29 kgCO ₂ /kg	600 kg	1373
Inversores	227 kgCO ₂ /unidades	1.00 unidades	227