



Análise do impacto das alterações climáticas no consumo energético de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado

DAVID JOSÉ SOARES RODRIGUES

outubro de 2024

**Análise do impacto das alterações climáticas no
consumo energético de sistemas de aquecimento,
ventilação e ar condicionado**

David José Soares Rodrigues

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Energias**

Orientador: Luís Filipe de Oliveira Gomes, Professor Adjunto

Coorientador: Zita Maria Almeida do Vale, Professora Coordenadora Principal

Júri:

Presidente:

Hernâni Miguel Reis Lopes, Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Sérgio Filipe Carvalho Ramos, Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Luís Filipe de Oliveira Gomes, Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, setembro 2024

Agradecimentos

Chegar ao fim desta dissertação é um momento de grande satisfação, e não posso deixar de expressar a minha mais sincera gratidão a todos aqueles que, de diversas formas, contribuíram para que este projeto se tornasse realidade.

Em primeiro lugar, à minha família, que sempre esteve ao meu lado, nos momentos fáceis e difíceis. A vossa paciência, apoio incondicional e encorajamento constante foram essenciais para que eu conseguisse alcançar este objetivo. Um agradecimento especial à minha namorada, cuja ajuda foi inestimável, e que, com a sua paciência e incentivo, muitas vezes me quase obrigava a manter o foco nos estudos. A tua presença e dedicação foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

Em segundo lugar, quero agradecer aos meus amigos de coração, pela amizade e apoio ao longo desta jornada. Deram-me momentos de leveza e descontração, que me ajudaram bastante na elaboração da minha dissertação.

Aos meus colegas de trabalho, agradeço pelo companheirismo, compreensão e flexibilidade, que me permitiram conciliar as responsabilidades profissionais com a exigência deste mestrado.

Um agradecimento especial ao Mestre Engenheiro Raposo Soares, um profissional de excelência na área das instalações mecânicas e também um grande amigo. O seu apoio técnico, orientação e amizade foram essenciais para o sucesso deste trabalho. A sua vasta experiência e conhecimento foram inestimáveis ao longo deste processo.

Agradeço, de forma muito especial, ao meu orientador, Professor Doutor Luís Gomes, e à minha coorientadora, Professora Doutora Zita Vale, pelo apoio, orientação e paciência ao longo de todo o desenvolvimento desta dissertação. A vossa sabedoria, dedicação e incentivo foram fundamentais para a concretização deste projeto. Sinto-me profundamente grato pela vossa confiança e disponibilidade constante, que permitiram que eu crescesse tanto a nível académico como pessoal.

Por fim, quero expressar a minha gratidão ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), por me ter acolhido ao longo desta longa e enriquecedora jornada académica. Esta instituição proporcionou-me as ferramentas e o ambiente necessários para o desenvolvimento deste projeto, pelo que estarei sempre grato.

A todos os mencionados, o meu sincero obrigado.

Resumo

Nos últimos anos, encontramos-nos perante um clima constantemente em mudança e imprevisível. As alterações climáticas tornaram-se um dos maiores desafios globais. As variações nas condições meteorológicas, como o aumento das temperaturas médias, a maior frequência de eventos climáticos extremos e alteração nos padrões de precipitação, têm vindo a impactar de forma significativa o desempenho energético dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) em edifícios, exigindo uma adaptação contínua para manter a eficiência energética e o conforto térmico.

O presente estudo visa analisar como essas alterações climáticas afetam o consumo energético de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) em edifícios. Com o aumento da frequência de fenómenos climáticos extremos e as mudanças nas condições climáticas médias, é previsível que o consumo de energia relacionado com o controlo da temperatura e da qualidade do ar interior sofra alterações significativas. Uma questão central nesta análise é a evolução das temperaturas exteriores mínimas, que indicam uma perda de capacidade de arrefecimento noturno. Este fenómeno não só impede a amenização das temperaturas diurnas, como contribui para o aumento da intensidade e frequência das ondas de calor, impactando o consumo energético dos sistemas de AVAC.

Deste modo, esta dissertação investiga, através de simulações energéticas, a forma como as variações climáticas influenciam a eficiência energética dos sistemas de AVAC, bem como a capacidade destes sistemas de AVAC. Além disso, são exploradas as soluções de integração de energias renováveis com o objetivo de mitigar os impactos ambientais e reduzir o consumo de energia.

Por fim, este estudo oferece uma visão crítica sobre as possíveis estratégias para a adaptação dos edifícios às alterações climáticas, propondo ações de eficiência energética e soluções tecnológicas sustentáveis.

Os resultados indicam que as alterações climáticas terão um impacto relevante no consumo energéticos dos sistemas de AVAC. Observa-se que o consumo energético dos sistemas de AVAC em Lisboa aumentará em média 33,3% em 2050, comparado ao valor atual, no Porto, o aumento médio é de aproximadamente 44,5%, e, em Bragança, o aumento é cerca de 33,3%.

Palavras-chave: Alterações Climáticas, Cenários Climáticos, Sistemas de AVAC, Eficiência Energética, Energias Renováveis, Simulação Energética.

Abstract

In recent years, we have faced a constantly changing and unpredictable climate. Climate change has become one of the greatest global challenges. Variations in weather conditions, such as rising average temperatures, the increasing frequency of extreme weather events, and shifts in precipitation patterns, have significantly impacted the energy performance of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems in buildings, requiring continuous adaptation to maintain energy efficiency and thermal comfort.

This study aims to analyze how climate change affects the energy consumption of HVAC systems in buildings. With the growing frequency of extreme weather events and changes in average climatic conditions, it is anticipated that energy consumption related to indoor temperature and air quality control will undergo significant changes. A central issue in this analysis is the evolution of minimum outdoor temperatures, which indicate a loss of nighttime cooling capacity. This phenomenon not only hinders the mitigation of daytime temperatures but also contributes to the increased intensity and frequency of heatwaves, impacting the energy consumption of HVAC systems.

Thus, this dissertation investigates, through energy simulations, how climate variations influence the energy efficiency and capacity of HVAC systems. Additionally, the integration of renewable energy solutions is explored to mitigate environmental impacts and reduce energy consumption.

Finally, this study provides a critical perspective on strategies for adapting buildings to climate change, proposing energy efficiency measures and sustainable technological solutions.

The results indicate that climate change will have a significant impact on the energy consumption of HVAC systems. It is observed that the energy consumption of HVAC systems in Lisbon is projected to increase by an average of 33.3% by 2050 compared to the current value. In Porto, the average increase is approximately 44.5%, while in Bragança, the increase is about 33.3%.

KEYWORDS: Climate Change, Climate Scenarios, HVAC Systems, Energy Efficiency, Renewable Energy, Energy Simulation

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Descrição do problema.....	3
1.3. Objetivos	3
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Alterações climáticas e os seus impactos.....	5
2.1.1. Definição de alterações climáticas.....	5
2.1.2. Evidências impactos atuais	6
2.1.3. Tendências futuras.....	6
2.2. Ações globais e europeias para o clima	7
2.2.1. Ações globais.....	7
2.2.2. Ações europeias	8
2.3. Energias renováveis e sustentabilidade	10
2.3.1. Tecnologias de energias renováveis para edifícios	11
2.3.2. Edifícios verdes e edifícios com emissões nulas	11
2.3.3. Eficiência energética e gestão de energia.....	12
2.4. Sistemas de AVAC.....	14
2.4.1. Tipos de sistemas AVAC	14
2.4.2. Eficiência energética dos sistemas AVAC.....	17
2.4.3. Relação dos sistemas AVAC com as alterações climáticas.....	17
2.5. Softwares de simulação energética e climática	18
3. Métodos e Aplicação.....	21
3.1. Obtenção de dados	21
3.1.1. Consumo de eletricidade em Portugal com ênfase nos edifícios de comércio e serviços	22
3.1.2. Consumo de eletricidade dedicado aos sistemas de AVAC	22
3.1.3. Emissões de CO ₂ provenientes dos sistemas de AVAC	23
3.2. Seleção do edifício de referência	23
3.2.1. Características do edifício de referência e justificação da sua escolha	23
3.2.2. Verificação das soluções construtivas.....	26
3.3. Simulações energéticas	26
3.3.1. Parâmetros de simulação.....	26
3.3.2. Ficheiros climáticos	27
3.3.3. Cenários de simulação	28
3.4. Metodologia de análise e avaliação de resultados	29

3.4.1.	Indicadores utilizados na avaliação.....	29
3.4.2.	Análise comparativa dos consumos energéticos	29
3.5.	Instalação de energias renováveis	30
3.5.1.	Dimensionamento de soluções renováveis	30
3.5.2.	Impacto na redução de consumo energético	30
4.	Casos de estudo: Simulações para vários locais, resultados e discussão	31
4.1.	Descrições dos locais de estudo	31
4.2.	Resultados da simulação energética	32
4.2.1.	Comparação de temperaturas e humidades	32
4.2.2.	Comparação do consumo energético entre os diferentes cenários.....	44
4.3.	Avaliação do impacto das alterações climáticas no consumo de energia	47
4.3.1.	Tendências observadas	47
4.3.2.	Implicações no desempenho dos sistemas de AVAC	47
4.4.	Integração de energias renováveis.....	50
5.	Conclusão	53
5.1.	Conclusões finais	53
5.2.	Contribuições para a área de estudo	54
5.3.	Limitações e trabalhos futuros.....	55
	Referências.....	57
	Declaração de Integridade	61
	Anexos.....	63

Lista de Figuras

Figura 1	Objetivos de desenvolvimento sustentável [14]	8
Figura 2	Extração de recursos naturais e projeção para os anos seguintes. Adaptado de [15]	8
Figura 3	Europe Green Deal. Adaptado de [16]	10
Figura 4	Exemplo de edifício inteligente [23].....	11
Figura 5	Etapas de um programa de Uso Racional de Energia [26]	13
Figura 6	Classificação dos sistemas de AVAC	15
Figura 7	Equipamentos terminais.....	16
Figura 8	Edifício de comércio e serviços (IFC Builder).....	24
Figura 9	5 diferentes cenários futuros (5 SSPs) - Adaptado de [45].....	29
Figura 10	Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários – Lisboa.....	33
Figura 11	Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários – Lisboa.....	33
Figura 12	Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários – Lisboa.....	34
Figura 13	Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Lisboa	35
Figura 14	Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Lisboa	35
Figura 15	Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Lisboa.....	36
Figura 16	Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários - Porto	37
Figura 17	Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários - Porto	37
Figura 18	Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários - Porto	38
Figura 19	Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Porto.....	39
Figura 20	Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Porto.....	39
Figura 21	Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Porto	40
Figura 22	Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários – Bragança	41
Figura 23	Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários – Bragança	41
Figura 24	Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários – Bragança	42

Figura 25	Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Bragança.....	43
Figura 26	Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Bragança.....	43
Figura 27	Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Bragança	44
Figura 28	Sistema de AVAC utilizado no edifício estudado.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 1	Valores de energia consumida num edifício com construção regular em Lisboa. Adaptado de [21].....	12
Tabela 2	Valores de energia consumida num edifício NZEB em Lisboa. Adaptado de [21].	12
Tabela 3	Sistemas de expansão direta água/ar na função de aquecimento [33].....	15
Tabela 4	Sistemas de expansão direta água/ar na função de arrefecimento [33].....	15
Tabela 5	Equipamentos e respetivas temperaturas de produção de água para função de aquecimento [33].....	16
Tabela 6	Equipamentos e respetivas temperaturas de produção para função de arrefecimento [33].....	16
Tabela 7	Consumo de energia elétrica nos edifícios domésticos, não domésticos e de estado.....	22
Tabela 8	Percentagem de consumo energético dedicado aos sistemas de AVAC em edifícios de comércio e serviços.....	22
Tabela 9	Fator de emissão de CO ₂ em Portugal.....	23
Tabela 10	Constituição do pavimento em contacto com o solo.....	24
Tabela 11	Constituição da parede exterior.....	24
Tabela 12	Constituição da parede meeira.....	24
Tabela 13	Constituição da cobertura.....	25
Tabela 14	Constituição do pavimento exterior.....	25
Tabela 15	Constituição da parede interior entre compartimentos.....	25
Tabela 16	Constituição da parede interior isolada.....	25
Tabela 17	Constituição do pavimento entre pisos.....	26
Tabela 18	Verificação dos requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios.....	26
Tabela 19	Características do local do caso de estudo 1 - Lisboa.....	31
Tabela 20	Características do local do caso de estudo 2 - Porto.....	31
Tabela 21	Características do local do caso de estudo 3 - Bragança.....	32
Tabela 22	Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 1.....	45
Tabela 23	Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 1.....	45
Tabela 24	Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 2.....	45
Tabela 25	Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 2.....	46
Tabela 26	Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 3.....	46
Tabela 27	Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 3.....	46
Tabela 28	Valores de COP e EER - Lisboa.....	48
Tabela 29	Valores de COP e EER - Porto.....	49
Tabela 30	Valores de COP e EER - Bragança.....	49

Tabela 31	Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 1	50
Tabela 32	Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Lisboa, [49] e [50]	51
Tabela 33	Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 2	51
Tabela 34	Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Porto, [51] e [52].....	52
Tabela 35	Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 3	52
Tabela 36	Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Bragança, [53] e [54].....	52

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
EPW	<i>EnergyPlus Weather</i>
FWG	<i>Future Weather Generator</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
QAI	Qualidade do Ar Interior
RCP's	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SACE	Sistema de Automatização e Controlo de Edifícios
SSP's	<i>Shared Socioeconomic Pathways</i>
UE	União Europeia

Lista de Símbolos

E_{nom}	Eficiência nominal do sistema (COP, EER)	
P_n	Potência nominal ou capacidade nominal do sistema	<i>kW</i>
Q_n	Caudal térmico nominal, consumo nominal ou potência absorvida do sistema	<i>kW</i>

1. Introdução

Esta secção desempenha o papel de apresentar o contexto no qual o projeto está inserido, destacando os objetivos de maior relevância presentes neste documento. Além disso, evidencia-se as contribuições científicas alcançadas durante a elaboração deste trabalho, bem como a estrutura e o conteúdo das várias secções ao longo deste documento.

1.1. Contextualização

As alterações climáticas têm-se afirmado como um dos maiores desafios globais do século XXI, com impactos profundos em múltiplos setores da sociedade, da economia e do ambiente. O aumento da temperatura média global, a maior frequência de fenómenos meteorológicos extremos e as mudanças nos padrões climáticos estão a transformar o modo como os recursos energéticos são utilizados, especialmente em sistemas que dependem diretamente das condições atmosféricas, como os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC). Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo principal analisar o impacto das alterações climáticas no consumo energético de sistemas de AVAC, sendo um tema de elevada relevância social, científica e académica, dada a crescente urbanização e a necessidade de adaptação às novas realidades climáticas.

Nas últimas décadas, as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) têm aumentado de forma alarmante, sendo um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) [1], a temperatura média global poderá aumentar até 4,5 °C até ao final deste século, caso não sejam implementadas medidas eficazes de mitigação. Este aumento de temperatura afeta diretamente o desempenho dos sistemas AVAC, que precisam de operar de forma mais intensiva para manter o conforto térmico nos edifícios. Esta questão é particularmente crítica em regiões que, historicamente, não necessitavam de um arrefecimento contínuo, mas que, devido ao aumento das temperaturas, enfrentam agora uma procura crescente por sistemas de ar condicionado [2].

Estudos indicam que as ondas de calor têm vindo a aumentar em frequência e intensidade em várias partes do mundo, e Portugal não é exceção. Estas mudanças climáticas têm um impacto direto no setor da construção, responsável por uma parcela significativa do consumo energético global. A procura por conforto térmico em edifícios, tanto residenciais como comerciais, conduz a um aumento substancial da utilização de energia para arrefecimento, o que, por sua vez, agrava o problema das emissões de GEE. Adicionalmente, o aumento das temperaturas mínimas, que anteriormente permitiam a redução da necessidade de arrefecimento durante o

Introdução

período noturno, está também a contribuir para uma maior pressão sobre os sistemas de AVAC e, conseqüentemente, para o aumento dos custos energéticos [3].

No plano social, o impacto das alterações climáticas na eficiência energética dos edifícios levanta questões de acessibilidade e equidade. Em regiões mais quentes, as populações vulneráveis, enfrentam custos energéticos crescentes para garantir o conforto térmico. Desta forma, a implementação de políticas que promovam a eficiência energética, como o uso de tecnologias de energias renováveis e a construção de edifícios sustentáveis, torna-se uma prioridade não apenas ambiental, mas também social. A União Europeia, através de iniciativas como o Pacto Ecológico Europeu e as Diretivas de Eficiência Energética, tem estabelecido metas ambiciosas para a redução do consumo de energia e das emissões de GEE, com particular ênfase na eficiência dos edifícios e na gestão inteligente de energia [2].

Do ponto de vista científico, o estudo do impacto das alterações climáticas sobre os sistemas de AVAC insere-se numa área de investigação interdisciplinar, que abrange meteorologia, engenharia e gestão de edifícios. A modelação climática, aliada à simulação energética de edifícios, permite prever cenários futuros e otimizar o desempenho dos sistemas de climatização em condições de temperaturas elevadas. Este trabalho contribui para a compreensão de como diferentes regiões de Portugal, como Lisboa, Porto e Bragança, poderão ser afetadas pelo aquecimento global em termos de consumos energético. Através de análise de dados climáticos e de simulações energéticas, este estudo pretende fornecer uma base científica sólida para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que aumentem a eficiência dos sistemas de AVAC e reduzam o seu impacto ambiental [4].

No âmbito académico, este estudo insere-se no debate mais vasto sobre a sustentabilidade e a eficiência energética no setor da construção. A adaptação dos edifícios às novas condições climáticas coloca desafios tanto no design e construção, como na operação e manutenção dos sistemas de AVAC. A investigação aqui apresentada pretende contribuir para este campo de estudo ao propor soluções concretas para a integração de energias renováveis nos edifícios, como forma de mitigar o impacto das alterações climáticas no consumo energética. Tal é especialmente relevante tendo em vista os compromissos assumidos por Portugal no âmbito do Acordo de Paris e as metas da União Europeia para alcançar a neutralidade carbónica até 2050 [4].

Contudo, apesar dos avanços tecnológicos e das políticas implementadas, persistem barreiras significativas à aplicação generalizada de soluções energéticas sustentáveis e à otimização dos sistemas de AVAC. A adaptação às alterações climáticas exige um esforço conjunto entre governos, indústria e comunidade científica, de modo a garantir que os edifícios do futuro sejam mais eficientes e menos dependentes de fontes de energia não renováveis.

Neste enquadramento, a presente dissertação visa analisar o impacto das alterações climáticas no consumo energético de sistemas de AVAC em diferentes cenários climáticos em Portugal, abordando a viabilidade da integração de energias renováveis como solução para reduzir o consumo energético e as emissões de GEE.

Um aspeto crucial a ser compreendido é a evolução das temperaturas mínimas exteriores. Este fenómeno não só limita a redução de temperaturas durante o dia, como também agrava a

frequência e a intensidade das ondas de calor, refletindo diretamente no consumo energético dos sistemas de AVAC. A necessidade de compreensão dos efeitos das alterações climáticas no consumo energético destes sistemas não deve apenas contribuir para uma gestão mais eficiente de recursos, mas também para abrir caminhos para estratégias inovadoras e sustentáveis no design, no tipo de operação, controlo e gestão destes sistemas, favorecendo um futuro mais sustentado e ambientalmente mais consciente [4].

1.2. Descrição do problema

O fenómeno das alterações climáticas tem contribuído para o aumento contínuo das temperaturas globais, o que provoca uma maior dependência dos sistemas de AVAC para garantir o conforto térmico em edifícios. Embora seja previsível que o aumento das temperaturas intensifique o consumo energético desses sistemas, a questão central permanece na quantificação precisa desse impacto. Assim, é essencial compreender de que forma as alterações climáticas influenciam o consumo energético dos sistemas de AVAC, de modo a permitir o desenvolvimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis que mitiguem os seus efeitos adversos.

1.3. Objetivos

Este projeto visa analisar e conceber uma solução com recurso as energias renováveis dos impactos ambientais no consumo energético de sistemas de AVAC. Para concluir este objetivo é necessário concluir os seguintes passos:

- Analisar o consumo de energia em Portugal e perceber que percentagem dessa energia pertence aos sistemas de AVAC.
- Quantificar esse valor de energia consumida, através de faturas energéticas.
- Através de trabalhos científicos e documentos, perceber a quantidade média de dióxido de carbono, CO₂, que é emitida por kWh.
- Com o auxílio de artigos de investigação, perceber o quanto o aumento da temperatura global contribui para o aumento da emissão de CO₂ ligada ao consumo energético.
- Através dessa relação, e após investigar as temperaturas previstas para os futuros anos, verificar e calcular as emissões de carbono previstas para o consumo de AVAC em cenários futuros.
- Com a relação das emissões de CO₂ e o consumo energético, calcular o aumento do consumo energético destes sistemas e planear a compensação desse aumento com a utilização de energia renovável.
- Serão propostas a implementação de soluções renováveis e de eficiência energética que permitam minimizar o aumento do consumo energético dos sistemas de AVAC.

Ao atingir os objetivos mencionados, pretende-se não só expandir o conhecimento académico sobre sistemas de AVAC em edifícios, mas também oferecer contribuições importantes para a prática da engenharia, incentivando a adoção de soluções mais eficientes e sustentáveis.

1.4. Estrutura da dissertação

O presente documento está organizado da seguinte maneira, buscando proporcionar uma compreensão coerente e aprofundada do tema abordado:

- **Secção 1: Introdução**

Nesta secção pode-se encontrar a contextualização do documento, assim como os objetivos deste documento, a calendarização para a execução deste documento, a metodologia de estudo e pesquisa utilizada e a estrutura do documento.

- **Secção 2: Revisão Bibliográfica**

Na segunda secção é apresentado um levantamento do estado de arte relativamente ao impacto das alterações climáticas nos sistemas de AVAC. É explorado as ações globais e europeias tomadas, os desafios associados e as estratégias eficientes para melhorar a eficiência energética nos sistemas de AVAC através de edifícios inteligentes. É feita uma análise das temperaturas previstas e uma abordagem ao software que permitem a simulação energética de sistemas de AVAC.

- **Secção 3: Métodos e Aplicação**

Esta secção descreve a metodologia utilizada, incluindo a obtenção de dados, a caracterização do edifício de referência, os parâmetros de simulação e a análise de resultados.

- **Secção 4: Casos de Estudo**

A penúltima secção, secção 4, apresenta os casos de estudo selecionados, as simulações realizadas e os resultados obtidos. Inclui também uma discussão sobre o impacto das alterações climáticas no consumo de energia e a viabilidade da integração de energias renováveis.

- **Secção 5: Conclusão**

A última secção resume as principais conclusões, as contribuições para a área de estudo e sugere possíveis direções para futuros trabalhos de investigação.

2. Revisão Bibliográfica

Esta secção apresenta a análise do estado de arte elaborada, onde são realçadas as possíveis tecnologias e conceitos que apoiam a elaboração deste trabalho de dissertação. Inicialmente, destaca-se os impactos negativos associados ao uso indiscriminado de energia, as tendências futuras da continuação do mesmo e enfatizamos a urgência de abordagens sustentáveis. Neste contexto, enfatiza-se acordos internacionais e políticas regionais, fornecendo uma visão abrangente dos esforços coordenados para alcançar fontes de energia mais limpas. Posteriormente, destaca-se os edifícios inteligentes, examinando tecnologias inovadoras e sistemas integrados que contribuem para a eficiência energética. No contexto de edifícios inteligentes é também abordado a eficiência energética e a gestão de energia como estratégias proativas para otimizar consumos e minimizar desperdícios. Por último, realça-se a importância da simulação energética em sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), explorando os modelos existentes, de modo a entender e aprimorar o desempenho desses sistemas aquando das alterações climáticas.

2.1. Alterações climáticas e os seus impactos

Nos últimos anos, encontramos-nos perante um clima constantemente em mudança e imprevisível. As alterações climáticas tornaram-se um dos maiores desafios globais. As variações nas condições meteorológicas, como o aumento das temperaturas médias, a maior frequência de eventos climáticos extremos e alteração nos padrões de precipitação, têm vindo a impactar de forma significativa a forma como projetamos, construímos e operamos os edifícios [5]. Estas condições climáticas extremas, há muito tempo alertadas por cientistas e pesquisadores, são resultantes das ações humanas [5].

Nesta secção, é essencial compreender o fenómeno das alterações climáticas e as suas causas que suportam estas mudanças e os seus impactos diretos no ambiente urbano. A análise destes aspetos é fulcral para avaliar o comportamento dos sistemas de AVAC e o aumento previsto do consumo energético, temas que serão explorados nas secções subsequentes desta dissertação.

2.1.1. Definição de alterações climáticas

As alterações climáticas referem-se às mudanças significativas e duradouras nos padrões climáticos globais ou regionais, causadas em grande parte por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a desflorestação [5]. Estas atividades aumentam a

concentração de gases com efeito de estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera, resultando no aquecimento global. Este fenómeno, que realça o aumento das temperaturas médias globais tem consequências profundas no clima, intensificando eventos extremos na natureza e a má qualidade do ar [2].

2.1.2. Evidências impactos atuais

As evidências das alterações climáticas são numerosas e incluem o aumento contínuo das temperaturas globais, o degelo dos glaciares e o aumento da frequência de catástrofes naturais [6]. De acordo com o novo documento do IPCC [6], as atividades relacionadas com a atividade humana, tais como a queima de combustíveis fósseis, as alterações ao nível da utilização dos solos e das florestas e os processos industriais causaram um aumento exponencial das emissões de gases de efeito de estufa. Das atividades mencionadas, em 2019, as utilizações de combustíveis fósseis contribuíram 80% de todas as emissões de CO₂ relacionadas com a atividade humana, sendo que os níveis de CO₂ tiveram um aumento de 47,3% atingindo uma média anual de 410 partes por milhão, já o CH₄ atingiu o valor de 1866 partes por milhão, representando uma subida de 157,8% [6]. É ainda possível referir, segundo o mesmo documento, que entre 1901 e 2018, o nível médio global do mar aumentou, e a taxa de elevação acelerou ao longo do tempo. Desde 1971, a atividade humana é considerada como o principal impulsionador desses aumentos. Observa-se várias mudanças extremas, como ondas de calor, chuvas intensas, secas e ciclones tropicais [6]. Cerca de 3,3 a 3,6 mil milhões de pessoas vivem em contextos alimentares altamente vulneráveis às mudanças climáticas, resultando em impactos significativos na segurança alimentar e hídrica [6]. Entre 2010 e 2020, a mortalidade humana em regiões altamente vulneráveis foi 15 vezes maior em comparação com regiões de baixa vulnerabilidade [6]. A segurança alimentar e hídrica foi reduzida, prejudicando os esforços para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS [6]. O crescimento na produtividade agrícola foi desacelerado nos últimos 50 anos devido às mudanças climáticas, afetando negativamente as regiões de baixa e média latitude. A escassez severa da água afeta aproximadamente metade da população mundial durante parte do ano [6].

Para mitigar esses impactos, é fundamental promover fontes de energia mais limpas e eficientes como a energia renovável. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente [7], políticas de regulamentação ambiental, avanços tecnológicos e a conscientização pública desempenham papéis importantes na redução dos impactos associados às alterações climáticas.

2.1.3. Tendências futuras

As projeções indicam que, sem intervenções significativas para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, estes fenómenos se agravarão, com consequências potencialmente graves para o ambiente e sociedade. Modelos climáticos preveem cenários variados, dependendo das ações globais para mitigar essas mudanças [8].

Prever o comportamento futuro do clima é essencial para compreender os impactos do mesmo. Uma solução possível é o uso do software *Future Weather Generator* (FWG). O FWG é um

software de simulação que utiliza dados climáticos históricos combinados com projeções de modelos climáticos globais (GCMs) para criar dados climáticos futuros. Estes dados representam condições climáticas hipotéticas em diferentes horizontes temporais, como 2050 e 2090, sob vários cenários, que serão abordados posteriormente, de emissões de gases de efeito de estufa, em que cada cenário gerado corresponde a narrativas de desenvolvimento e políticas mundiais diferentes [8].

2.2. Ações globais e europeias para o clima

Globalmente, é necessário reduzir as emissões de carbono, o que implica a assunção de metas globais ambiciosas de descarbonização, de incorporação de energias renováveis e maiores eficiências energéticas nos sistemas.

Como se trata de um problema mundial é necessário que todos os países do mundo trabalhem em colaboração, tendo como objetivo a descarbonização. Já existem planos, ações e iniciativas que devem ser tomadas para este objetivo [9].

2.2.1. Ações globais

No dia 4 de novembro de 2016, o Acordo de Paris entrou oficialmente em vigor, após a sua validação por mais de 55 países que representavam pelo menos 55% das emissões globais de gases de efeito de estufa. Todos os países da União Europeia (EU) assinaram o acordo [10].

O Acordo de Paris evidencia um plano de ação, a nível mundial, para limitar o aquecimento global. As medidas descritas neste acordo são:

- Manter o aumento da temperatura média mundial abaixo dos 2 °C, sendo estabelecido um limite máximo de 1,5 °C;
- Todos os governos concordaram em apresentar os seus planos de ação de 5 em 5 anos, e terão de apresentar os documentos para uma análise global;
- Os planos desenvolvidos para lutar contra as alterações climáticas bem fundamentados serão financiados [11].

Aos projetos incentivados de impacto social, estão relacionados os ODS. Estes, aprovados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, têm como missão erradicar a pobreza e promover uma vida digna e igualitária para todos, respeitando os limites do planeta, independentemente da classe social [12].

A atuação dos ODS baseia-se em 4 ramos principais: institucional, social, ambiental e económica. Estes indicam a urgente necessidade de orientar o mundo em direção a um caminho mais sustentável através de medidas transformadoras, algumas simples, mas que fazem total diferença quando aplicadas em conjunto [12]. A ONU anunciou que:

“As Nações Unidas declararam 2020-2030 a “Década de Ação” para cumprir os ODS e apelam a uma maior ambição e sentido de urgência para acelerar a transição.” [13]

Na Figura 1 é possível visualizar os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável.



Figura 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável [14]

2.2.2. Ações europeias

Em setembro de 2015, países em torno do globo inscreveram-se para o desenvolvimento sustentável da Agenda 2030, na assembleia geral dos estados unidos [15]. A UE é uma das forças que apoia esta implementação. Esta defende essencialmente os recursos naturais da terra, os quais, ultimamente têm tido um consumo crescente e que é penalizante para o mundo, como se pode observar na Figura 2 [15].

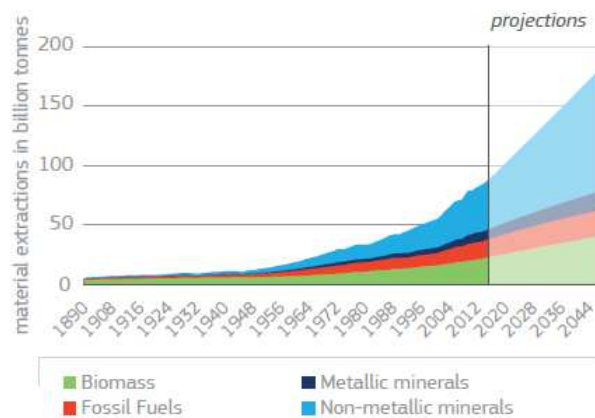


Figura 2 - Extração de recursos naturais e projeção para os anos seguintes. Adaptado de [15]

A UE, como uma das forças de implementação da Agenda 2030, alinha os seus objetivos com os ODS e suas metas. Alguns dos principais desafios e áreas de foco para a UE em relação à Agenda 2030 incluem:

- Ação climática (inclui metas ambiciosas para a redução de emissões e transição para fontes de energia renovável);
- Economia Circular (visa a redução do desperdício e o uso eficiente dos recursos disponíveis);

- Inclusão Social e Igualdade de Género (a UE trabalha para reduzir as desigualdades sociais e promover a igualdade de género em várias áreas);
- Educação e Inovação (o investimento em educação e inovação é fundamental para alcançar vários ODS, e a UE tem programas específicos nesses domínios);
- Saúde e Bem-Estar (a promoção da saúde e do bem-estar é uma preocupação importante da UE);
- Desenvolvimento Sustentável na Agricultura (a UE busca promover práticas agrícolas sustentáveis, segurança alimentar e desenvolvimento rural);
- Parcerias Global (a UE está envolvida em parcerias globais para promover o desenvolvimento sustentável, incluindo a cooperação com países em desenvolvimento para atingir metas comuns) [15].

É importante notar que estes objetivos podem variar entre países membros da UE, pois cada país adapta os ODS de acordo com as suas circunstâncias e desafios específicos [15]. Portugal assumiu o compromisso de alcançar a neutralidade carbónica até 2050 durante a conferência das partes da Convenção Quadro das Nações Unidas (CQNUAC) para as alterações climáticas.

No sentido de cumprir esse prazo, em dezembro de 2019, foi publicado o *Europe Green Deal*, ou Pacto Ecológico Europeu. É uma iniciativa da UE, que visa transformar a UE em uma economia sustentável e neutra em carbono até 2050, abordando desafios ambientais e climáticos [16]. Este Pacto Ecológico Europeu fundamenta-se em oito objetivos principais:

- Aumentar a ambição climática da UE para 2030 e 2050;
- Fornecer energia limpa, acessível e segura;
- Mobilizar a indústria para uma economia limpa e circular;
- Construir e renovar de maneira eficiente;
- Uma ambição de zero poluição para um ambiente limpo;
- Preservar e restaurar ecossistemas e biodiversidade;
- Da agricultura ao prato: um sistema alimentar, equilibrado, saudável e amigo do ambiente;
- Acelerar a transição para uma mobilidade sustentável e inteligente [16].

O Pacto Ecológico Europeu é considerado uma resposta ambiciosa aos desafios ambientais e climáticos globais e representa um compromisso significativo da UE para liderar a transição para uma economia mais sustentável e resiliente. Ele envolve políticas em diversas áreas e requer cooperação entre os países membros da UE para alcançar os seus objetivos [16]. Pode ser observado na Figura 3, um resumo do que se trata o *Europe Green Deal*.

Rumo ao desenvolvimento sustentável, no dia 1 de julho de 2019, foi publicada a resolução do conselho de ministros que aprovou o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050) [17].

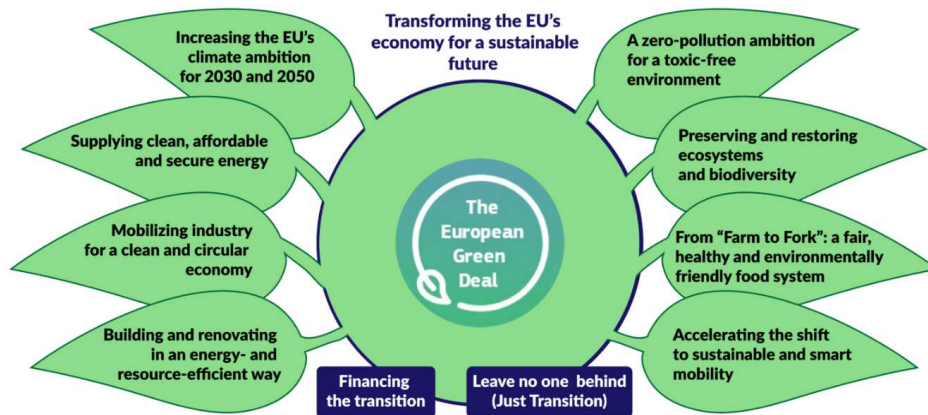


Figura 3 - Europe Green Deal. Adaptado de [16]

No RNC 2050 foi estabelecido a redução de gases com efeito de estufa entre 85% e 90% até 2050, em Portugal. O rumo desta redução foi estipulado entre 45% e 55% até 2030, e entre 65% e 75% até 2040. Estes resultados são comparados face ao ano 2005, em Portugal. De modo a cumprir com os objetivos do RNC 2050, foi desenvolvido um plano que estabelece metas positivas e concretiza as políticas e medidas do roteiro previsto. O plano que foi desenvolvido é nomeado de Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030) [17].

Em termos gerais, para alinhar-se com os objetivos do Acordo de Paris, seguidos por todo o mundo, é necessário fazer os esforços adequados em vários setores, especialmente no setor da energia, dada a sua significativa contribuição para as emissões de CO₂. No âmbito desse contexto de comunidades de energia. Estas comunidades, apoiadas por modelos de gestão de energia, têm a capacidade, por um lado, de se tornarem descentralizadas e sustentáveis, e, por outro lado, de permitir que os membros colaborem para otimizar os recursos energéticos, resultando assim na redução das emissões de CO₂. Contudo, a eficácia desses modelos depende consideravelmente da participação ativa dos membros da comunidade, sendo imperativo respeitar a privacidade dos seus dados e manter a equidade dentro da comunidade correspondente.

Estas são as ações globais e europeias que já se encontram ativas no mundo atual. Outra medida que está a ser imposta, a nível global, é a diminuição do consumo energético nos edifícios. É abordado mais a frente, os edifícios inteligentes que também são essenciais e que contribuem para um mundo mais sustentável.

2.3. Energias renováveis e sustentabilidade

A crescente procura por sustentabilidade no setor da construção tem impulsionado a adoção de tecnologias de energias renováveis em edifícios. Esta secção analisa as principais tecnologias disponíveis e as suas aplicações, explora os benefícios dessas tecnologias na redução do consumo energético e, conseqüentemente, no impacto ambiental, e discute os desafios e as oportunidades associados à integração destas soluções renováveis no ambiente construído. A análise procura evidenciar a importância das energias renováveis como um pilar para o desenvolvimento sustentável.

2.3.1. Tecnologias de energias renováveis para edifícios

Atualmente, a energia elétrica consumida pelos edifícios representa entre 30% a 45% da energia global consumida. É previsto que consumam mais do que 40% nos próximos 20 anos [18]. De modo a atenuar este aumento do consumo de energia por parte dos edifícios, são necessárias algumas estratégias com a intenção de promover essa eficiência. À implementação destes sistemas nos edifícios nomeia-se de edifícios inteligentes [19].

Estes edifícios incorporam diversas tecnologias inteligentes para reduzir os custos operacionais e energéticos e as emissões de CO₂, refletindo no conforto e bem-estar dos seus usuários [20].

De acordo com [20], os edifícios verdes, “*green buildings*”, e os edifícios com emissões nulas são exemplos de edifícios que incorporam sistemas eficientes [21].

2.3.2. Edifícios verdes e edifícios com emissões nulas

Os edifícios verdes, ou mais usualmente tratados por *green buildings*, são concebidos para serem ecológicos durante toda a sua construção, desde o projeto, construção até à sua demolição [22]. No entanto, os edifícios com emissões nulas são concebidos de tal modo a obter um elevado desempenho energético, onde a energia consumida e a energia renovável produzida se anulam, isto é, o próprio edifício fornece a sua energia através de radiação solar, boa construção e de energias renováveis [23]. Laustsen (2008) definiu os edifícios com emissões nulas como não utilizadores de combustíveis fósseis para produção de energia e totalmente dependentes de energia solar e outras fontes de energia renováveis para satisfazer as suas necessidades energéticas [24]. Na Figura 4 podemos ver um exemplo de um edifício inteligente.

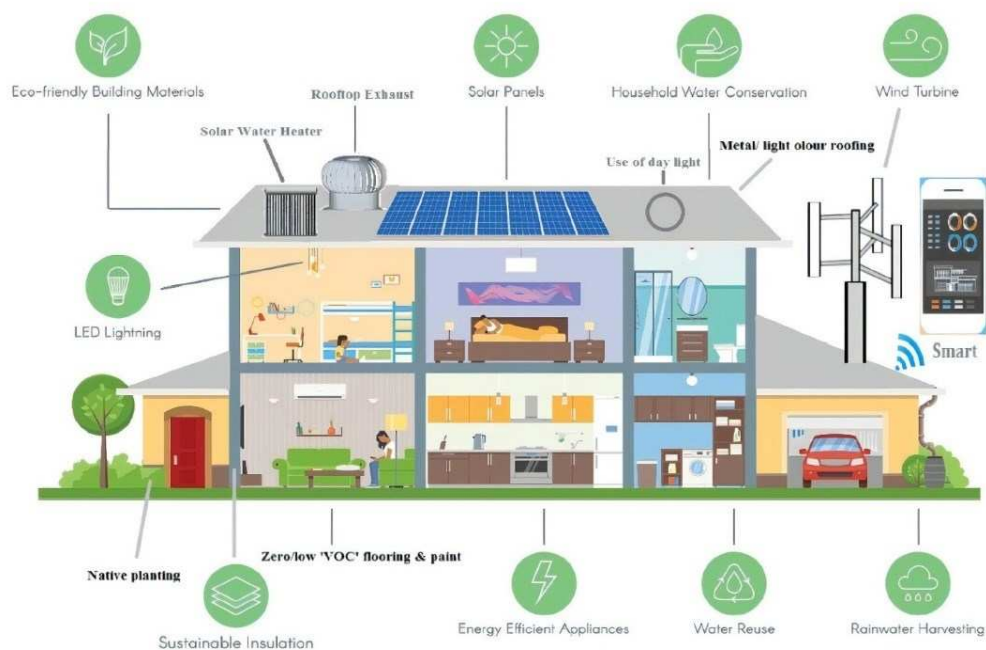


Figura 4 - Exemplo de edifício inteligente [23]

Segundo o trabalho científico em [25], elaboraram-se as Tabela 1 e Tabela 2 em que são comparados os valores de energia consumida de aquecimento, arrefecimento e água quente de um edifício regular e de um edifício NZEB, ambos situados em Lisboa.

Tabela 1 - Valores de energia consumida num edifício com construção regular em Lisboa. Adaptado de [21]

LISBOA - EDIFÍCIO REGULAR							
Dados meteorológicos	Energia consumida no aquecimento	Energia consumida no arrefecimento	Energia total de aquec. e arref.	Aquecimento de águas	Energia Total	PV	Renovável
IWEC	598	803	1401	1802	6562	8353	127%
IWEC2	393	1211	1604	1714	6656	7752	116%
2018TMY	595	853	1448	1759	6565	8778	134%
TMY shift	267	1603	1870	1586	6814	9036	133%

Tabela 2 - Valores de energia consumida num edifício NZEB em Lisboa. Adaptado de [21]

LISBOA - EDIFÍCIO NZEB							
Dados meteorológicos	Energia consumida no aquecimento	Energia consumida no arrefecimento	Energia total de aquec. e arref.	Aquecimento de águas	Energia Total	PV	Renovável
IWEC	138	217	355	668	3365	8353	248%
IWEC2	85	340	425	633	3385	7752	229%
2018TMY	123	217	340	654	3321	8778	264%
TMY shift	29	434	463	592	3356	9036	269%

2.3.3. Eficiência energética e gestão de energia

A eficiência energética abrange um conjunto de medidas e estratégias que visam a diminuir os gastos de energia e aumentar a quantidade de energia disponível sem alterar a produção. Com o aumento da importância da sustentabilidade dos sistemas energéticos e sobretudo com o aumento dos preços de combustíveis destaca-se a necessidade de gerir os sistemas energéticos, desde então a conservação de energia ou a eficiência energética, tem vindo a ser um recurso energético obrigatório [26].

O equilíbrio entre baixos consumos de energia e a qualidade de vida pode-se resumir, por exemplo, em duas simples estratégias, sendo a primeira o aproveitamento total da luz proveniente do sol, ou seja, toda a energia solar pois essa é nos dada sem custo, e a segunda aposta em boas práticas de construção dos edifícios e no seu bom isolamento. Num conceito idealista, não seriam necessários equipamentos que realizam aquecimento ou arrefecimento dos espaços, se todos os edifícios fossem construídos com bons isolamentos. Na Figura 5, podemos ver as etapas de um programa de Uso Racional de Energia.

Por outras palavras, é necessário conhecer e saber os consumos energéticos perante o caso em estudo e só depois proceder à implementação de projetos de melhoria e redução de perdas

energéticas. É necessário ter um acompanhamento contínuo do processo. Para obtermos esse acompanhamento seria necessário haver auditorias energéticas regulares aos edifícios [26].

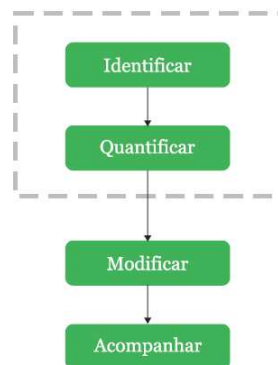


Figura 5 - Etapas de um programa de Uso Racional de Energia [26]

Os programas de eficiência energética procuram incentivar o combate ao desperdício de energia no que toca essencialmente ao ciclo da energia elétrica, isto é, todas as suas formas de produção, transmissão, distribuição e comercialização. Estes programas ultimamente têm sido mais considerados devido à preocupação com o meio ambiente. O uso de equipamentos mais eficientes é necessário, mas também é essencial utilizar de forma correta a energia, para evitar as grandes perdas energéticas e usar fontes renováveis sempre que possível para termos equipamentos sustentáveis e eficientes [27].

Com a análise feita anteriormente, concluímos que para haver uma redução dos consumos energéticos não é suficiente termos equipamentos mais eficazes, é necessário ter uma boa gestão de energia. A gestão de energia e a eficiência energética são dois conceitos interligados. Os objetivos principais destes conceitos são fornecer a energia adequada para o bom funcionamento do edifício ou indústria, minimizar as perdas de energia e os custos de energia, e promover o uso adequado de energia para os utilizadores através de tecnologias de controlo e manutenções preventivas [28].

A gestão eficiente de energia em sistemas de AVAC, é importante devido a todas as preocupações ambientais e as alterações climáticas atuais. Estes sistemas desempenham um papel significativo no consumo global de energia, e otimizar as suas condições de funcionamento pode reduzir os custos e as emissões de carbono [29].

Uma abordagem fundamental para melhorar a eficiência energética em sistemas de AVAC, envolve a integração de tecnologias inovadoras e sistemas de controlo avançados, tais como sensores inteligentes e dispositivos conectados à Internet das Coisas (IoT), dispositivos de gestão técnica centralizada (GTC), que podem monitorizar em tempo real as condições do ambiente, tanto exterior como interior, e ajustar automaticamente os equipamentos de AVAC para reduzir o consumo de energia [30]. A designação deste último, GTC, foi recentemente mudada para Sistemas de Automação e Controlo do Edifício, SACE, e a correta implementação das novas regras é fundamental para a obtenção de edifícios mais eficientes e enquadrados com as diversas estratégias de descarbonização [31].

Além disso, estratégias como manutenção regular, como a deteção de falhas do sistema ou até mesmo de peças mais suscetíveis a avariar, garante um bom funcionamento da máquina e o aumento da sua vida útil. A busca por soluções sustentáveis e a incorporação de fontes de energia renovável é extremamente importante, pois não só reduzem o impacto ambiental como também fortalecem os sistemas de AVAC face às condições climáticas previsíveis, pois há determinadas fontes de energia renovável que devem ter armazenamento de energia, por exemplo, em caso de cortes na rede elétrica os sistemas podem continuar a funcionar de forma autónoma [32].

2.4. Sistemas de AVAC

Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, mais conhecidos por sistemas de AVAC, tem o objetivo geral que consiste em manter as condições de conforto num dado espaço, isto é, as condições de temperatura e humidade requeridas, assegurando, em simultâneo, a renovação de ar em quantidade e qualidade adequadas (QAI – qualidade do ar interior) [33].

Segundo a Portaria n.º 138-I/2021 [34], que regulamenta os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios e aos sistemas técnicos e a respetiva aplicação em função do tipo de utilização e específicas características técnicas, os sistemas de climatização são:

“O conjunto de equipamentos coerentemente combinados com vista a satisfazer objetivos de climatização, designadamente, ventilação, aquecimento, arrefecimento, humedificação, desumidificação e filtragem do ar.” [34]

Compreender a evolução tecnológica e as tendências atuais é fundamental para contextualizar a pesquisa sobre o impacto das alterações climáticas no consumo energético destes sistemas.

Ao controlo destas variáveis, temperaturas e humidades subjacentes, está diretamente relacionado à remoção ou adição de calor, que significa, a transferência de energia térmica para os locais onde é necessário.

2.4.1. Tipos de sistemas AVAC

O elemento base dos sistemas de AVAC é a energia térmica. E com esta, estão envolvidos três processos: produção, distribuição ou transporte e difusão ou utilização. É nestes processos que se dá a diferença entre os diversos sistemas de AVAC, tendo em conta a área servida pelo sistema e o local onde é inicialmente produzido o calor ou o frio, os sistemas existentes podem ser agrupados em centralizados ou individuais, como podemos verificar na Figura 6 [35].

Para classificar os sistemas, é possível classificá-los de diferentes maneiras, considerando a área abrangida pelo sistema, o fluido térmico utilizado e os potenciais riscos à segurança dos ocupantes. Há vários aparelhos produtores de energia térmica, tanto de aquecimento como de arrefecimento [36].

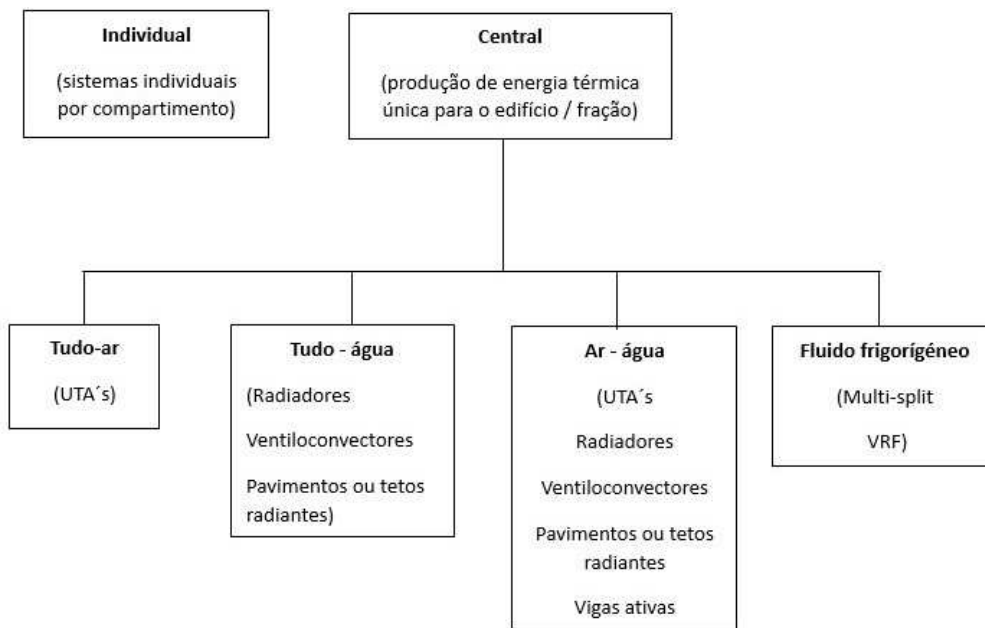


Figura 6 - Classificação dos sistemas de AVAC

Nos sistemas de expansão direta água-ar, isto é, sistemas que utilizam água como meio de transferência de calor para a troca térmica direta com o ar ambiente, cuja fonte de calor é a água podendo aquecer ou arrefecer o ar. Nestes sistemas são utilizados os equipamentos descritos nas Tabela 3 e Tabela 4, para funcionamento na função de aquecimento e de arrefecimento, respetivamente. Nestas tabelas também se encontram as temperaturas previstas para estes sistemas [33].

Tabela 3 - Sistemas de expansão direta água/ar na função de aquecimento [33]

Sistemas de aquecimento do evaporador	Temperatura à entrada do evaporador	Temperatura à saída do evaporador
Dry cooler, ou outro equipamento, com água glicolada	0 °C	-3 °C
Geotermia superficial, ou outro sistema, com água não glicolada	10 °C	7 °C
Anel hidráulico com equipamento de produção de calor	20 °C	17 °C

Tabela 4 - Sistemas de expansão direta água/ar na função de arrefecimento [33]

Sistemas de aquecimento do condensador	Temperatura à entrada do evaporador	Temperatura à saída do evaporador
Torre de arrefecimento	30 °C	35 °C
Geotermia superficial	10 °C	15 °C
Dry cooler	50 °C	55 °C

Também existem os sistemas de expansão direta tudo ar, ar-água e água-água. Nos primeiros a transferência de calor ocorre diretamente no sistema de ar condicionado, sem necessitar de outro fluido de transporte, como água ou fluido refrigerante. Nos sistemas ar-água a transferência ocorre diretamente entre o ar e a água, cuja fonte de calor é o ar exterior. Por

último, no sistema água-água a transferência de calor ocorre entre duas correntes de água, sendo uma delas responsável por absorver calor e outra por libertar calor. Podemos observar algumas unidades terminais do sistema de climatização pertencentes a estes sistemas referidos nas Tabela 5 e Tabela 6, tal como, as suas temperaturas de produção previstas para a função de aquecimento e arrefecimento, respetivamente [33].

Tabela 5 - Equipamentos e respetivas temperaturas de produção de água para função de aquecimento [33]

Unidades terminais do sistema de climatização	Temperatura da água quente à saída da unidade produtora	Classificação da temperatura
Superfícies radiantes	35 °C	Baixa
Convectores de baixa temperatura, ventiloconvectores, UTA	45 °C	Intermédia
Radiadores convencionais	65 °C	Alta

Tabela 6 - Equipamentos e respetivas temperaturas de produção para função de arrefecimento [33]

Unidades terminais do sistema de climatização	Temperatura à entrada	Temperatura à saída
Superfícies radiantes	0 °C	-3 °C
Outros	10 °C	7 °C

A distribuição ou transporte de energia térmica pode ser feito através de fluidos de transporte, tais como, ar, água quente, vapor, água refrigerada e fluido frigorígeno. Cada um destes fluidos tem características e propriedades diferentes devidamente associadas a cada espaço de trabalho.

Por último, a utilização ou a difusão de energia térmica é realizada em equipamentos terminais. Alguns exemplos deles são, grelhas e difusores, radiadores, ventiloconvectores e pavimento e teto radiante, que podem ser observados na Figura 7.



Figura 7 - Equipamentos terminais

2.4.2. Eficiência energética dos sistemas AVAC

A eficiência energética dos sistemas de AVAC é um aspeto essencial para a redução do consumo energético nos edifícios, com impacto direto tanto nos custos operacionais como na sustentabilidade ambiental. A escolha dos equipamentos e o modo como os sistemas são projetados e operados são determinantes para a sua eficiência [30].

As bombas de calor, por exemplo, apresentam uma elevada eficiência porque a sua potência nominal é maior que a potência absorvida do sistema, ou seja, possuem um COP (eficiência nominal para aquecimento) elevado [33]. Estes valores de COP podem ser obtidos equação (1) [33].

$$E_{nom} = \frac{P_n}{Q_n} \quad (1)$$

Em que:

E_{nom} – Eficiência nominal do sistema (COP, EER);

P_n – Potência nominal ou capacidade nominal do sistema [kW];

Q_n – Caudal térmico nominal, consumo nominal ou potência absorvida do sistema [kW].

Outro exemplo são os sistemas de ventilação com recuperação de calor, que aproveitam a energia proveniente do ar extraído do interior dos edifícios para aquecer ou arrefecer o ar que entra no edifício, reduzindo assim a necessidade de qualquer outro tipo de energia adicional.

A incorporação de sistemas de automação e controlo de edifícios (SACE) é igualmente relevante. Termóstatos programáveis e sensores de CO₂ permitem ajustar automaticamente o funcionamento dos sistemas às condições reais evitando o desperdício de energia. Além disso, a manutenção regular dos equipamentos de AVAC é crucial, pois problemas comuns como filtros sujos ou pequenas fugas de ar podem diminuir significativamente a eficiência energética e também podem ser prejudiciais para a saúde.

Os regulamentos e normas, como o Certificado Energético (CE) em Portugal e na UE, estabelecem requisitos mínimos de eficiência para os sistemas AVAC. Estes padrões incentivam o uso de tecnologias mais avançadas e eficientes, promovendo a redução do consumo de energia. Para aumentar a eficiência energética global dos edifícios também se aconselham a utilização de fontes de energias renovável que complementam os sistemas de AVAC, tais como painéis solares térmicos ou sistemas geotérmicos [33].

2.4.3. Relação dos sistemas AVAC com as alterações climáticas

Com o aumento da temperatura global, estes sistemas podem vir a precisar de um ajuste para serem mais eficientes. Alguns destes sistemas fazem um proveito da energia contida no ar exterior, havendo um aumento da temperatura deste ar, dependendo para que estação, de aquecimento ou de arrefecimento, esteja destinado o sistema. O consumo deste pode aumentar, pelo que o desempenho destes sistemas pode ser significativamente influenciado pelas condições climáticas exteriores.

Em climas frios, os sistemas de AVAC devem garantir o aquecimento dos espaços interiores. Tecnologias como caldeiras de alta eficiência ou bombas de calor geotérmicas são frequentemente utilizadas nestes contextos. A solução construtiva eficaz do edifício torna-se também crucial, uma vez que dependendo da sua constituição pode manter o calor no interior do edifício por mais tempo.

Nos climas quentes, a prioridade é o arrefecimento dos espaços. Neste caso, os sistemas eficientes são as unidades *split* ou *multi-split*, ou sistemas de fluxo de refrigerante variável, VRF. A implementação de estratégias como ventilação natural, *free-cooling* e uma boa solução construtiva podem reduzir a necessidade de arrefecimento do edifício.

Nos climas amenos, onde as condições climáticas podem variar ao longo do ano, os sistemas de AVAC precisam de ser versáteis. Sistemas híbridos que combinam aquecimento e arrefecimento, como as bombas de calor reversíveis, são particularmente eficazes nestes cenários.

Em suma as alterações climáticas colocam novos desafios aos sistemas AVAC, exigindo soluções que sejam adaptáveis a condições climáticas cada vez mais extremas. A capacidade de os sistemas AVAC responderem a estas novas exigências climáticas é um fator cada mais relevante no design e na engenharia dos edifícios, e é um ponto que é analisado no desenvolvimento desta dissertação [33].

2.5. Softwares de simulação energética e climática

De forma a apoiar a procura de equipamentos mais eficientes e de uma gestão de energia aprimorada existem softwares que permitem a modelação de edifícios e a simulação cuidada de cargas térmicas de arrefecimento e aquecimento. Estes softwares permitem também visualizar os picos de energia de um sistema, isto é, a altura do ano em que os equipamentos vão estar a usar a maior potência. Estas simulações permitem uma interação muito mais precisa com os sistemas de AVAC e a envolvente do edifício, permitindo uma melhor gestão e projeção mais adequada dos equipamentos [32].

Os softwares de simulação energética utilizam dados como a geometria do edifício, materiais de construção, exposição solar, sistemas AVAC previamente dimensionados, bem como padrões de ocupação e iluminação. Com base nestes dados, os programas conseguem simular o comportamento térmico do edifício ao longo do tempo, alguns, com a possibilidade de integrar diferentes cenários climáticos.

Softwares como *EnergyPlus*¹, *TRACE 3D Plus*², e *IES VE*³, são os mais usados. Todos estes encontram-se em constante desenvolvimento para melhoras a sua simulação energética de sistemas de AVAC.

¹ [EnergyPlus](#)

² [TRACE® 3D Plus | Trane Commercial HVAC \(www-trane-com\)](#)

³ [Integrated Environmental Solutions | IES \(iesve.com\)](#)

Em 1996, uma agência federal de energia dos Estados Unidos começou a desenvolver um novo software de simulação energética, *EnergyPlus*, baseada em dois programas já existentes, DOE-2 e BLAST. Este software é capaz de simular detalhadamente sistemas de AVAC e considera uma variedade de fatores, incluindo condições climáticas, características do edifício e especificações do sistema. As versões beta do *EnergyPlus* começaram no final de 1999, e o primeiro lançamento foi realizado em abril de 2001 [37].

O *TRACE 3D Plus*, lançado pela Trane, é outro software de simulação energética utilizada para sistemas de AVAC em edifícios comerciais. Lançado pela primeira vez em 1984, tem uma longa história de evolução e refinamento para atender às crescentes implicações da indústria de AVAC. O método de cálculo deste software, da última versão, é baseado no software *EnergyPlus*. Com foco na otimização do projeto, o *TRACE 3D Plus* oferece uma interface intuitiva que permite aos engenheiros e projetistas criar modelos e realizar simulações para garantir o desempenho ideal do sistema [38].

O *IES VE, Integrated Environmental Solutions Virtual Environment*, é um software avançado de análise e modelação de sistemas de AVAC, com objetivo de avaliar o desempenho energético de edifícios. Desenvolvido para satisfazer as necessidades de arquitetos e engenheiros devido a uma gama diversificada de módulos. Estes módulos permitem a visualização do modelo em 3D e explorar a hipótese de ocorrer impacto entre diferentes especialidades, analisar outras soluções de climatização para o edifício e prever o uso de energias renováveis, como por exemplo sistemas solares térmicos ou sistemas solares fotovoltaicos [39].

Por fim, temos o software *CYPETHERM Eplus*⁴, que foi o utilizado no enredo desta dissertação. É um software para a modelação e simulação de edifícios, que recorre ao motor de cálculo *EnergyPlus*. A integração do *EnergyPlus* no *CYPETHERM Eplus* transforma a aplicação numa ferramenta robusta para a simulação energética de edifícios, permitindo calcular as necessidades energéticas dos edifícios, avaliar o desempenho dos sistemas de climatização instalados e determinar o consumo energético de acordo com o tipo de sistema utilizado [40].

⁴ [CYPETHERM EPlus - CYPE](#)

3. Métodos e Aplicação

Esta secção descreve os métodos adotados para a compilação e análise de dados referentes ao consumo de eletricidade em Portugal, com foco nos edifícios de comércio e serviços e nos sistemas AVAC. Além disso, inclui a seleção de um edifício de referência, para a realização das simulações, e são descritos os processos de simulação energética realizados para avaliar o impacto das condições climáticas atuais e futuras sobre o consumo de energia e emissões de CO₂ destes sistemas.

A aplicação dos dados obtidos vai ser realizada de acordo com os seguintes passos:

- O estudo do impacto das alterações climáticas no consumo energético dos sistemas de AVAC em várias regiões de Portugal;
- Obtenção de dados de consumos energéticos para os edifícios de comércio e serviços para Portugal;
- Identificação e modelação de um edifício de referência;
- Simulação do consumo energético do edifício de referência no que toca à necessidade térmica de aquecimento e de arrefecimento com as condições climáticas atuais;
- Simulação do consumo energético do edifício de referência no que toca à necessidade térmica de aquecimento e de arrefecimento com as condições climáticas futuras, que se expandem em quatro possíveis cenários para os anos de 2050 e de 2090;
 - Cenário SSP1-2.6 – Mundo focado na sustentabilidade, com baixas desigualdades e uso intensivo de tecnologias limpas;
 - Cenário SSP2-4.5 – Desenvolvimento moderado, com algum progresso em sustentabilidade, mas sem mudanças drásticas;
 - Cenário SSP3-7.0 – Um mundo fragmentado, com alta competição entre países e baixo processo tecnológico;
 - Cenário SSP5-8.5 – Crescimento económico rápido, alta dependência de combustíveis fósseis e pouca preocupação com o clima.

3.1. Obtenção de dados

Nesta subsecção, são apresentados e discutidos os dados obtidos sobre o consumo de eletricidade em Portugal, como foco nos edifícios de comércio e serviços e nos sistemas de AVAC. Estes dados foram recolhidos a partir de fontes oficiais, nomeadamente o Departamento Geral de Energia e Geologia (DGEG) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que fornecem relatórios técnicos especializados sobre o consumo energético do país. A análise dos dados permitiu identificar o peso significativo destes setores no consumo total de energia, assim como as emissões de CO₂ associadas, confirmando as informações encontradas nas referidas fontes.

3.1.1. Consumo de eletricidade em Portugal com ênfase nos edifícios de comércio e serviços

De acordo com o relatório da Direção-Geral de Energia e Geologia, DGEG, de 2022 [41], o consumo de energia elétrica total em Portugal é 49 385 044 097 kWh, considerando Portugal continental e ilhas. No relatório da DGEG, de 2022 [41], também é possível obter os valores do consumo de energia elétrica para edifícios domésticos, não domésticos e edifícios públicos. Os valores dedicados a estes diferentes edifícios podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Consumo de energia elétrica nos edifícios domésticos, não domésticos e de estado

Tipo de consumidor	Consumo de eletricidade [kWh]
Edifícios não domésticos	12 002 356 981
Edifícios públicos	1 376 131 397
Edifícios domésticos	13 857 147 276
TOTAL:	27 235 635 654

A energia elétrica consumida pelos edifícios em geral, em Portugal é de 27 235 635 654 kWh, isto é, aproximadamente 27 236 GWh.

3.1.2. Consumo de eletricidade dedicado aos sistemas de AVAC

Pela primeira vez, este ano, a DGEG enviou um questionário anual ao Eurostat sobre o setor dos serviços relativamente a 2022, no qual se inserem os edifícios não domésticos e os edifícios do estado, em que considerou 856 GWh consumido em *cooling*, que é usado na estação de aquecimento, e 478 GWh consumido em *heating*, usado na estação de arrefecimento. Os dados foram estimados tendo por base a informação recolhida no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE). Este consumo é apenas referente à eletricidade, não considera o contributo renovável das bombas de calor no aquecimento ou arrefecimento [42].

De acordo com os dados da Tabela 7, com os valores de eletricidade consumidos nos edifícios em Portugal, e os dados do relatório da DGEG é possível obter a Tabela 8.

Tabela 8 - Percentagem de consumo energético dedicado aos sistemas de AVAC em edifícios de comércio e serviços

Tipo de consumidor	Edifícios de Comércio e Serviços
Consumo de eletricidade [kWh]	13 378 488 37811
Consumo na estação de arrefecimento [kWh]	856 000 000
Percentagem dedicada ao arrefecimento	6,40%
Consumo na estação de aquecimento [kWh]	478 000 000
Percentagem dedicada ao aquecimento	3,58%

1 – Somatório do consumo de energia elétrica dos edifícios não domésticos e os edifícios do estado

Observa-se, que em Portugal, do consumo total da energia elétrica dos edifícios de comércio e serviços 6,4% é dedicado aos sistemas de AVAC na estação de arrefecimento e cerca de 3,58% na estação de aquecimento, ou seja, desse consumo total, cerca de 10% é dedicado aos

sistemas de AVAC. Constatou-se que existe quase uma igualdade entre os consumos elétricos entre os edifícios de comércio e serviços e os edifícios domésticos.

3.1.3. Emissões de CO₂ provenientes dos sistemas de AVAC

De acordo com os indicadores energéticos da DGEG para o ano 2022 [43], o ano com mais dados atualizados e disponíveis, é possível elaborar a Tabela 9.

Tabela 9 - Fator de emissão de CO₂ em Portugal

Indicador Energético (Emissões de GEE)	Unid.	2022
Fator de Emissão do Sistema Electroprodutor Nacional	Ton CO ₂ /GWh	218

É possível verificar através da Tabela 9 que o fator de emissão de CO₂, que é calculado a partir da média móvel dos anos anteriores, da energia elétrica é cerca de 218 ton CO₂ / GWh.

Através dos dados reunidos das secções anteriores, é possível calcular a emissão dos GEE que existe resultantes dos sistemas de AVAC.

Em um ano, o consumo de energia elétrica pelos sistemas de AVAC é cerca de 1334 GWh, que corresponde a cerca de 290 812 toneladas de CO₂.

3.2. Seleção do edifício de referência

Para este estudo foi selecionado um edifício de comércio e serviços previamente elaborado por engenheiros pertencentes à empresa CYPE⁵, que disponibilizaram o modelo online. A escolha deste edifício, como objeto de estudo, baseou-se em vários critérios que garantem o seu reconhecimento e adequação aos objetivos da pesquisa.

3.2.1. Características do edifício de referência e justificação da sua escolha

É possível ver a modelação gráfica do edifício em *IFC Builder*, na Figura 8.

Este tipo de edifício representa tipicamente as características dos edifícios de comércio e serviços em Portugal, incluindo os padrões construtivos e os sistemas de energia mais comuns. Como o estudo visa analisar o consumo de eletricidade e as emissões de CO₂ especificamente neste setor, a modelação do edifício é essencial para garantir que os resultados obtidos sejam aplicáveis e relevantes para o contexto desejado.

O edifício já conta com as soluções construtivas detalhadas, como a envolvente opaca e envidraçada que serão verificadas na secção seguinte. Isso assegura que o edifício é um modelo bem definido o que é crucial para a precisão das simulações energéticas e para a análise de diferentes cenários de alterações climáticas.

⁵ [Home - CYPE](#)

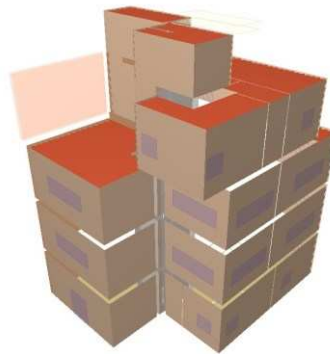


Figura 8 - Edifício de comércio e serviços (IFC Builder)

As soluções construtivas do edifício vão ser descritas a seguir, e verificadas na próxima secção se cumprem os requisitos mínimo de desempenho energético em Portugal.

É possível ver a constituição do pavimento em contacto com o solo na Tabela 10.

Tabela 10 - Constituição do pavimento em contacto com o solo

	<p>1 - Terraço</p> <p>2 - Placa de isolamento de 5cm</p> <p>3 - 20 cm de betão</p> <p>$U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
--	---

A parede exterior do edifício tem a constituição representada na Tabela 11.

Tabela 11 - Constituição da parede exterior

	<p>1 - Tijolo de 10 cm</p> <p>2 - Espaço de ar</p> <p>3 - Placa de isolamento de 2,5 cm</p> <p>4 - Painel de fibra de 1,3 cm</p> <p>5 - Lã de rocha de 8,9 cm</p> <p>6 - Placa de gesso cartonado 1,6 cm</p> <p>$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
--	---

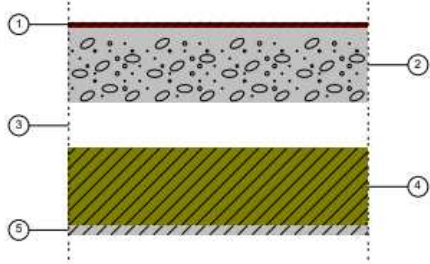
A parede meeira, isto é, a parede comum ao edifício adjacente tem a constituição representada na Tabela 12.

Tabela 12 - Constituição da parede meeira

	<p>1 - Tijolo de 10 cm</p> <p>2 - Espaço de ar</p> <p>3 - Placa de isolamento de 2,5 cm</p> <p>4 - Tijolo de 10 cm</p> <p>$U = 0,66 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
--	---

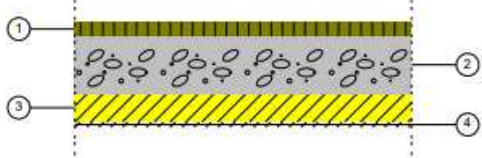
A cobertura tem a constituição representada na Tabela 13.

Tabela 13 - Constituição da cobertura

	<p>1 - Placa de cobertura 2 - 15 cm de betão 3 - Espaço de ar 4 - 15,4 cm de isolamento 5 - 2 cm de tela acústica $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
---	--

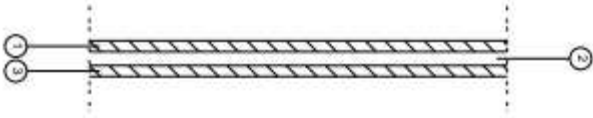
O pavimento em contacto com o solo tem a constituição que consta na Tabela 14.

Tabela 14 - Constituição do pavimento exterior

	<p>1 - Terraço 2 - 10 cm de betão 3 - Placa de isolamento de 5 cm 4 - Reboco $U = 0,49 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
--	--

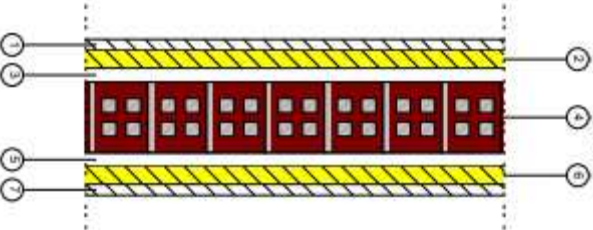
A parede simples interior é constituída pelo que esta representado na Tabela 15.

Tabela 15 - Constituição da parede interior entre compartimentos

	<p>1 - Placa de gesso cartonado de 1,6 cm 2 - Espaço de ar 3 - Placa de gesso cartonado de 1,6 cm $U = 1,64 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
---	--

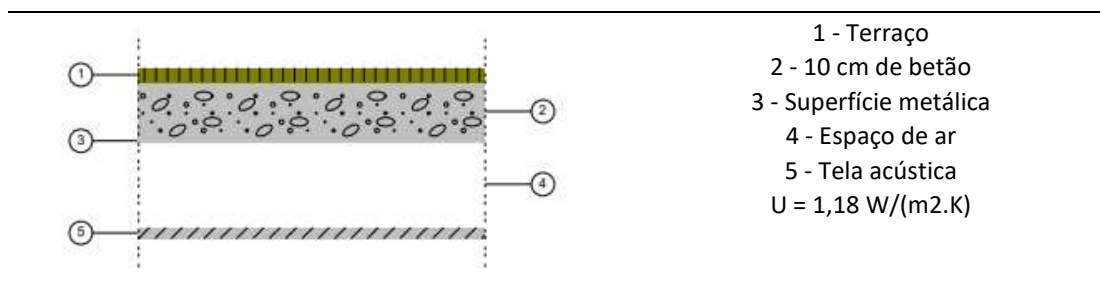
As paredes de separação interiores, de escritórios diferentes, ou entre circulações tem a constituição representada na Tabela 16.

Tabela 16 - Constituição da parede interior isolada

	<p>1 - Placa de gesso cartonado de 1,6 cm 2 - Placa de isolamento de 2,5 cm 3 - Espaço de ar 4 - Tijolo de 10 cm 5 - Espaço de ar 6 - Placa de isolamento de 2,5 cm 7 - Placa de gesso cartonado de 1,6 cm $U = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$</p>
---	---

A composição dos pavimentos interiores, isto é, a dos pisos interiores é a que consta na Tabela 17.

Tabela 17 - Constituição do pavimento entre pisos



A composição dos envidraçados em geral no edifício tem a seguinte constituição:

Transmissibilidade térmica (U) = $2,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Fator solar (G_t) = 0,70

As composições das portas também possuem um coeficiente de transmissibilidade térmica igual a $2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

3.2.2. Verificação das soluções construtivas

Como podemos ver na Tabela 18, a solução construtiva encontra-se adequada ao tipo de construção em Portugal, pois cumpre os requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios, como diz a Portaria n.º 138-I/2021 [34].

Tabela 18 - Verificação dos requisitos mínimos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios

Envolvente Opaca e Envidraçada	Transmissibilidade térmica [U]	Requisitos consoante zona climática			Verificação
		I1	I2	I3	
Parede exterior	0,28	0,7	0,6	0,5	Cumpre
Cobertura plana	0,24	0,5	0,45	0,4	Cumpre
Pavimento em contacto com o exterior	0,49		0,9		Cumpre
Envidraçados	2	3,3	3,3	3,3	Cumpre

3.3. Simulações energéticas

Esta secção descreve os parâmetros e os processos utilizados para a realização das simulações energéticas, de modo a avaliar o impacto das alterações climáticas no consumo energético dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços.

3.3.1. Parâmetros de simulação

A correta definição dos parâmetros de simulação é fundamental para garantir que os resultados obtidos são positivos no que toca ao desempenho energético dos edifícios nas condições estudadas. No presente estudo, foram utilizados os softwares *Future Weather Generator* e *Cypetherm Eplus* para estas simulações.

Depois de verificada a solução construtiva do edifício, uns dos parâmetros da simulação, talvez o mais importante é obter os dados das localizações geográficas detalhadas dos locais selecionados para as simulações, tais como altitude, latitude e longitude.

De seguida, para a simulação no software *Cypetherm Eplus*, são necessários definir os padrões de ocupação, os níveis de atividade dos ocupantes, o tipo de iluminação e os equipamentos.

Os padrões de ocupação foram definidos com base num horário de funcionamento típico de escritório, das 8h às 18h, considerando um nível de atividade moderado, com uma densidade das cargas térmicas dos equipamentos e de iluminação médias, devido a tratar-se de um escritório. A combinação de todos estes parâmetros permite simulações detalhadas e mais precisas, proporcionado deste modo uma reflexão dos impactos das alterações climáticas no desempenho energético dos edifícios. Após estas simulações, utilizou-se o software "*New Design Tool*" para gerar os diferentes EER e COP para as diferentes condições exteriores e interiores. No software considerou-se um sistema típico de escritório médio, um sistema *multi-split* com cinco unidades interiores.

Não é possível determinar os SEER e SCOP, isto é, as eficiências sazonais, pois são informações que costumam vir de fábrica para condições muito específicas, condições EUROVENT.

Este software, fornece dois COP/EER:

- *Outdoor Unit Corrected COP*: Refere-se apenas à unidade exterior, isto é, considera a potência elétrica consumida apenas da unidade exterior;
- *System COP*: Refere-se ao sistema como um todo, isto é, considera as potências elétricas da unidade exterior e das unidades interiores.

3.3.2. Ficheiros climáticos

A partir dos dados de localização do edifício, são gerados ficheiros climáticos a partir do software *Future Weather Generator*.

Estes ficheiros climáticos, denominam-se de ficheiros EPW (*EnergyPlus Weather*), devido à sua extensão para o software *EnergyPlus*, que podem ser inseridos na base de dados do software *Cypetherm Eplus* para simulação. Estes, são arquivos de dados meteorológicos usados principalmente em simulações de desempenho energético de edifícios e sistemas de AVAC. Contém informações climáticas horárias para um determinado local, incluindo:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa;
- Velocidade e direção do vento;
- Radiação solar;
- Precipitação;
- Pressão atmosférica.

Através do software *Future Weather Generator* é possível gerar ficheiro EPW acerca de uma região que envolvem alguns cenários futuros disponíveis para Portugal. Preveem cenários de temperaturas para 2050 e 2090.

3.3.3. Cenários de simulação

Por sua vez, as simulações efetuadas neste projeto contemplam diferentes cenários futuros possíveis, em que cada cenário corresponde a narrativas de desenvolvimento e políticas mundiais diferentes.

Estes diferentes cenários, são denominados de *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs). São cenários utilizados para projetar e avaliar possíveis trajetórias futuras do desenvolvimento socioeconómico global, com o objetivo de entender melhor as implicações e desafios relacionados com as mudanças climáticas. Eles foram desenvolvidos por uma comunidade internacional de cientistas para fornecer uma estrutura unificada para a análise de políticas ambientais e impactos ambientais. [8]

Os cenários, descrevem cinco narrativas diferentes do futuro desenvolvimento socioeconómico global. Cada um destes caminhos é projetado com base numa ampla gama de variáveis, como crescimento económico, desigualdade, uso de recursos e políticas ambientais. Eles são usados em conjunto com os *Representative Concentration Pathways*, RCPs, que representam diferentes cenários de concentração de GEE, para estudar os impactos das mudanças climáticas sob diferentes condições socioeconómicas. [8]

De seguida, podemos ver uma breve descrição dos cenários criados, nos quais não foi contemplado o cenário SSP4.

- **SSP1-2.6:** As emissões globais de CO₂ são severamente reduzidas, chegando à sua anulação após 2050 e as temperaturas estabilizam-se em cerca de 1,8 °C acima das temperaturas atuais até ao final do século [44].
- **SSP2-4.5:** As emissões globais de CO₂ não chegam a ser nulas até 2100 e as temperaturas aumentam 2,7 °C até ao final do século [44].
- **SSP3-7.0:** As emissões globais de CO₂ duplicarão em relação aos níveis atuais até 2100 e até ao final do século, as temperaturas médias aumentam cerca de 3,6 °C [44].
- **SSP5-8.5:** As emissões globais de CO₂ duplicarão em relação aos níveis atuais até 2050 e em 2100, a temperatura média global aumentará para 4,4 °C [44].

Na Figura 9, podemos ver onde se posicionam os cenários futuros entre o caminho para a mitigação e o caminho para a adaptação consoante as alterações climáticas.

Os ficheiros climáticos atuais foram obtidos através do mapa de ficheiros EPW [46] e foram gerados através do FWG ficheiros climáticos para o ano de 2050 para os cenários diferentes em Portugal Continental. Contudo, apenas se encontram disponíveis dados para simulações para os cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5.



Figura 9 - 5 diferentes cenários futuros (5 SSPs) - Adaptado de [45]

3.4. Metodologia de análise e avaliação de resultados

Esta secção é dedicada ao método de análise dos resultados obtidos a partir das simulações energéticas. Através dos indicadores utilizados é possível avaliar a eficiência energética dos sistemas utilizados e o impacto ambiental dos edifícios de comércio e serviços. Após obtermos todos os indicadores necessários à correta análise dos resultados, efetua-se a comparação dos consumos energéticos das simulações realizadas na mesma região com cenários futuros diferentes.

3.4.1. Indicadores utilizados na avaliação

Os indicadores utilizados na avaliação dos resultados das simulações obtidos são:

- Consumo energético anual do edifício na situação de aquecimento e arrefecimento, em kWh/ano;
- Eficiência energética dos sistemas de AVAC proporcionados;
- Emissões de CO₂;
- Energia derivada dos painéis fotovoltaicos para autoconsumo.

Estes indicadores permitem uma avaliação abrangente da eficiência energética do edifício em si e o impacto ambiental associado, o que resulta numa boa base de comparação entre diferentes cenários e estratégias.

3.4.2. Análise comparativa dos consumos energéticos

A análise comparativa dos consumos energéticos envolve a comparação dos resultados obtidos para os diferentes cenários de simulação, para diferentes localidades. Permite identificar

variações no consumo energético e nas emissões de CO₂ sob diferentes condições climáticas. Avalia o impacto das alterações climáticas sobre o consumo energético, que inclui a comparação do desempenho energético do edifício em cenários de clima atual e futuros.

Por fim, esta análise ajuda a identificar áreas onde o desempenho energético pode ser melhorado e onde a instalação de soluções que incluem energias renováveis podem ter maior impacto.

3.5. Instalação de energias renováveis

Nesta secção, é abordada a instalação de soluções de energias renováveis no edifício de comércio e serviços analisado. A integração de fontes de energia renovável, como painéis fotovoltaicos ou sistemas de aquecimento solar é uma estratégia fundamental para diminuir o consumo de energia e minimizar as emissões de GEE, contribuindo para uma maior sustentabilidade energética do edifício [47].

3.5.1. Dimensionamento de soluções renováveis

No caso em análise, a solução renovável consiste na instalação de painéis fotovoltaicos e na melhoria da eficiência dos equipamentos de climatização.

O dimensionamento desta solução renovável é feito com recurso às ferramentas da DGEG, tais como os softwares SCE.ER, SCE.CLIMA e NT-SCE que implementa metodologias oficiais do Sistema de Certificação Energética. Para simularmos o aproveitamento da energia solar através do painel fotovoltaico são os necessários os seguintes dados:

- Consumos energéticos dos edifícios anual, em estação de aquecimento, arrefecimento e o consumo do AQS;
- Seleção do painel fotovoltaico, com todas as características para uma descrição rígida do painel;
- Localização do edifício.

O dimensionamento precisa de garantir que as soluções renováveis sejam eficazes e economicamente viáveis, atendendo às necessidades energéticas do edifício.

3.5.2. Impacto na redução de consumo energético

Após obtermos os dados referidos na subsecção anterior, realizamos a simulação e obtemos a produção de energia proveniente dos painéis fotovoltaicos útil. Será analisada a quantidade de energia que pode ser poupada pela produção de energia renovável e o quanto isso contribui para o consumo de energia e as emissões de GEE.

4. Casos de estudo: Simulações para vários locais, resultados e discussão

Nesta secção, são apresentados e analisados os resultados das simulações realizadas para diferentes locais, com o objetivo de avaliar o impacto das condições climáticas futuras no consumo de energia de edifícios de comércio e serviços. Os locais selecionados para esta análise foram Lisboa, Porto e Bragança. A análise é realizada em diferentes cenários climáticos para investigar as implicações das alterações climáticas no desempenho energético dos edifícios e no funcionamento dos sistemas de AVAC. Posteriormente é feita uma pesquisa acerca da integração de energia renovável nestes sistemas, para compensar o efeito negativo das alterações climáticas, nomeadamente a integração de painéis fotovoltaicos, nestes edifícios.

4.1. Descrições dos locais de estudo

A presente secção tem como objetivo apresentar os detalhes dos locais selecionados para o estudo, incluindo as suas características climáticas e geográficas. A escolha dos locais visa representar diferentes zonas climáticas e condições típicas encontradas em Portugal, permitindo uma análise abrangente das variações no consumo energético em resposta a diferentes contextos ambientais. Os detalhes dos locais selecionados, como altitude, latitude, longitude e a sua respetiva zona climática de verão e de inverno, encontram-se presentes nas tabelas que se segue.

Tabela 19 - Características do local do caso de estudo 1 - Lisboa

Caso de estudo 1	Lisboa
Altitude	93 m
Latitude	38°43'10" N
Longitude	9°09'03" W
Zona climática de verão e inverno	V2-I1

Tabela 20 - Características do local do caso de estudo 2 - Porto

Caso de estudo 2	Porto
Altitude	63 m
Latitude	41°13'49" N
Longitude	8°40'48" W
Zona climática de verão e inverno	V2-I1

Tabela 21 - Características do local do caso de estudo 3 - Bragança

Caso de estudo 4	Bragança
Altitude	676 m
Latitude	41°52'25" N
Longitude	6°42'42" W
Zona climática de verão e inverno	V2-I3

4.2. Resultados da simulação energética

Esta secção apresenta os resultados das simulações energéticas que foram realizadas. A análise consiste na comparação dos resultados entre os cenários atuais e futuros com o objetivo de identificar as variações no consumo energético e avaliar nestas, o impacto das alterações climáticas. Para uma melhor compreensão dos resultados apresentados a seguir, relembra-se a descrição dos cenários futuros realizada na secção 3.3.3.

- **SSP1-2.6:** As emissões globais de CO₂ são severamente reduzidas, chegando à sua anulação após 2050 e as temperaturas estabilizam-se em cerca de 1,8 °C acima das temperaturas atuais até ao final do século [44].
- **SSP2-4.5:** As emissões globais de CO₂ não chegam a ser nulas até 2100 e as temperaturas aumentam 2,7 °C até ao final do século [44].
- **SSP3-7.0:** As emissões globais de CO₂ duplicarão em relação aos níveis atuais até 2100 e até ao final do século, as temperaturas médias aumentam cerca de 3,6 °C [44].
- **SSP5-8.5:** As emissões globais de CO₂ duplicarão em relação aos níveis atuais até 2050 e em 2100, a temperatura média global aumentará para 4,4 °C [44].

4.2.1. Comparação de temperaturas e humidades

Apresenta-se de seguida os resultados obtidos da simulação com base nas condições climáticas atuais contrapondo com as condições futuras mediante os cenários considerados. De seguida, é feita uma análise através de gráficos de linhas do aumento ou diminuição destas variáveis consoante os diferentes cenários. É importante saber interpretar estes resultados, pois, estes relacionam-se diretamente com o consumo energético dos sistemas de AVAC.

Caso de estudo 1 – Lisboa

As temperaturas exteriores mínimas e máximas, a humidade relativa exterior média e as condições interiores são variáveis essenciais nas simulações pois afetam diretamente o conforto térmico, a qualidade do ar interior e o consumo energético dos edifícios. Dos resultados analisados e ilustrados nos gráficos seguintes, com base nas várias variáveis, ressalta o comparativo entre os cenários atuais e futuros para a região de Lisboa.

Para uma consulta detalhada dos valores exatos que sustentam os gráficos, estes, em formato tabela, estão disponíveis no ANEXO B.

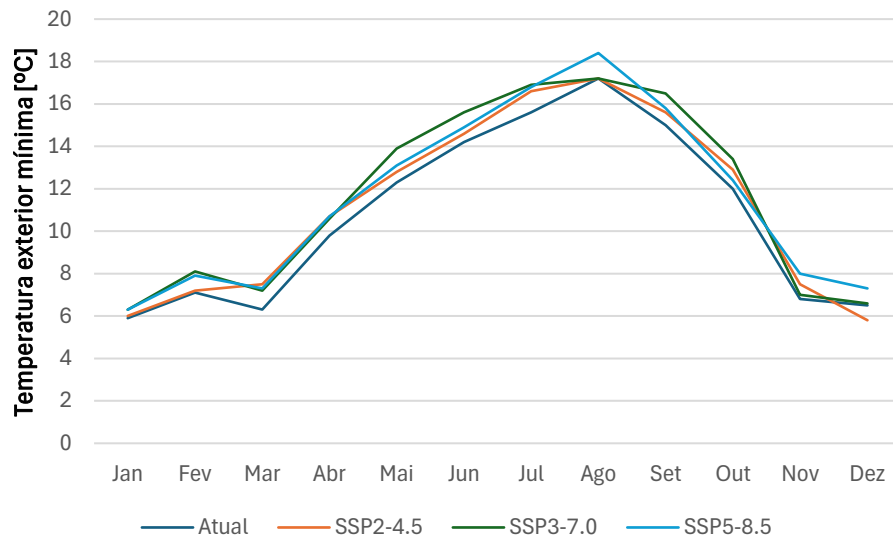


Figura 10 - Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários – Lisboa

O gráfico da Figura 10 compara as temperaturas exteriores mínimas ao longo do ano, em Lisboa, entre diferentes cenários climáticos.

Observa-se um aumento geral das temperaturas exteriores mínimas em todos os cenários futuros comparativamente ao atual. No cenário de emissões de GEE mais elevadas (SSP5-8.5), as temperaturas mínimas são consistentemente mais elevadas ao longo do ano. Isto significa em termos de perfil de temperaturas mínimas, uma perda de capacidade de arrefecimento do período noturno para fazer amenizar o perfil de temperaturas que se verificam no período diurno e o consequente embalar para as tais ondas de calor mais frequentes em dias seguidos. Tão ou mais importante que as temperaturas máximas, é o efeito ou consequência das temperaturas mínimas.

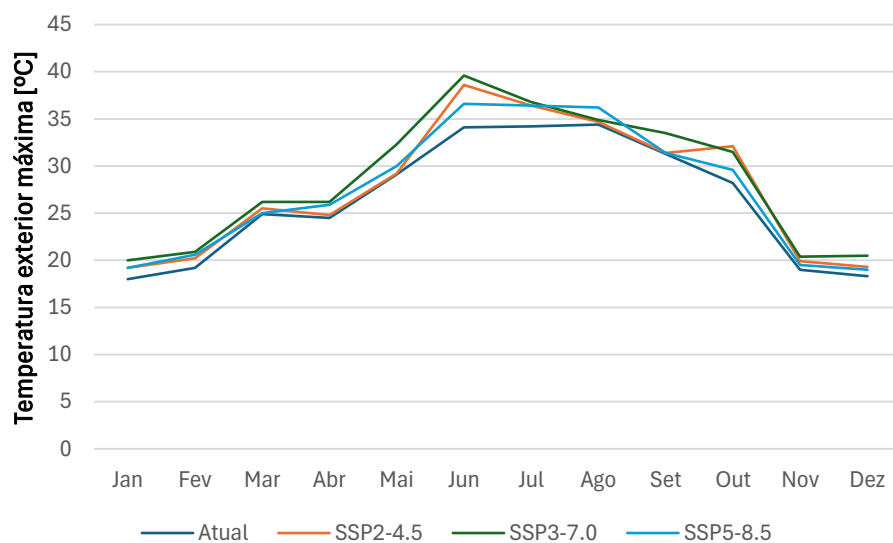


Figura 11 - Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários – Lisboa

Casos de Estudo

O gráfico da Figura 11 demonstra as temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários ao longo do ano.

Semelhante à análise anterior, os cenários futuros indicam um aumento nas temperaturas máximas ao longo do ano, com o aumento mais acentuado decorrido no cenário SSP5-8.5.

Significa que, no futuro, Lisboa pode enfrentar verões mais quentes, com maior risco de ondas de calor o que pode ter implicações significativas no consumo de energia.

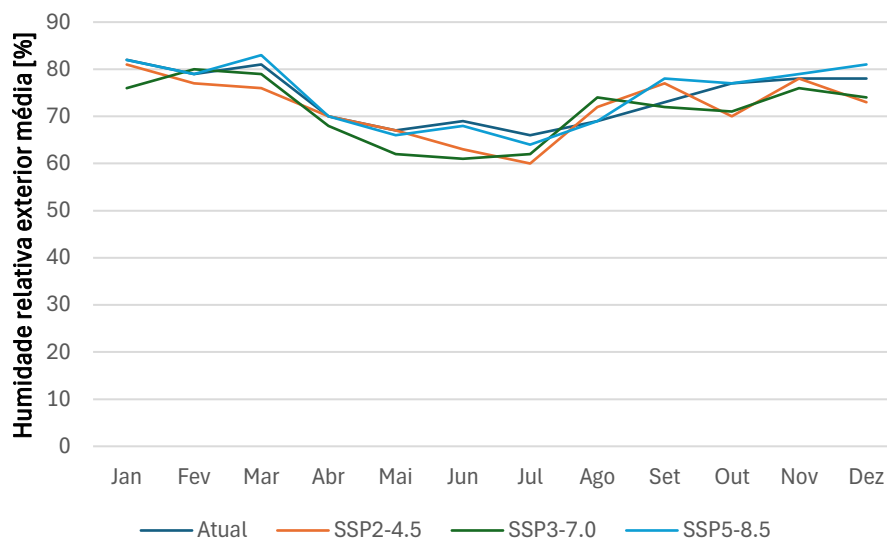


Figura 12 - Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários – Lisboa

Este gráfico, Figura 12, compara a humidade relativa exterior média ao longo do ano entre diferentes cenários. A humidade relativa exterior é um fator importante que afeta o conforto térmico e a perceção do calor.

Os cenários futuros revelam uma tendência geral de diminuição da humidade relativa exterior média durante o verão, especialmente nos cenários de maiores emissões. Estes, mostram uma maior redução de humidade, refletindo as condições mais secas associadas a cenários de emissões mais elevadas, SSP3-7.0 e SSP5-8.5, embora exista também uma redução no cenário SSP2-4.5, mas menos acentuada, com a exceção no final do mês de Junho e princípio de Julho.

Temperatura operativa interior define-se como o valor médio da temperatura sensível do ar ambiente e a temperatura superficial média de todas as paredes, teto e piso do espaço em questão. Considera igualmente o efeito da componente térmica radioativa entre os ocupantes e a envolvente interior desse mesmo espaço.

O gráfico da Figura 13 ilustra a variação das temperaturas operativas interiores mínimas ao longo do ano. Em todos os cenários, observa-se um aumento progressivo destas temperaturas, variando entre 1 a 3 °C com início no inverno e o pico no verão, diminuindo gradualmente até dezembro.

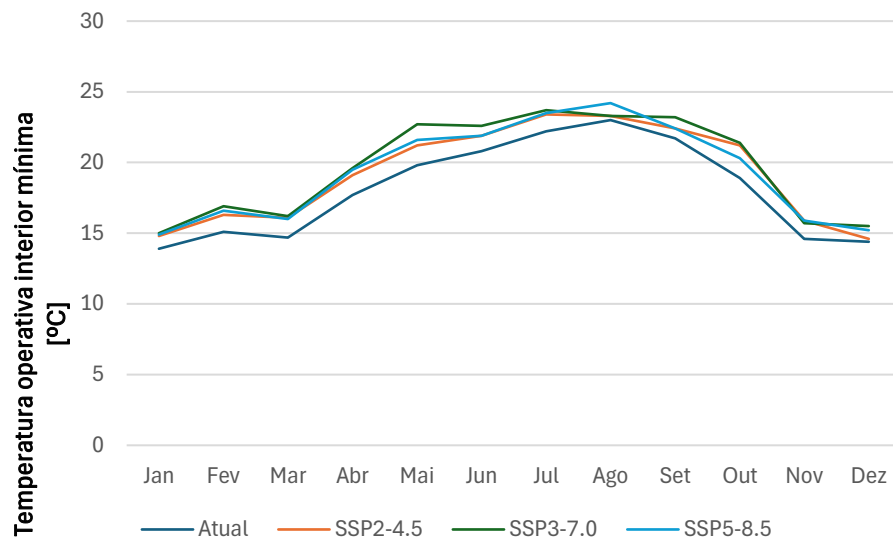


Figura 13 - Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Lisboa

Em todos os casos futuros, há uma previsão de elevação das temperaturas operativas interiores mínimas, sendo estas mais acentuadas nos cenários de emissões mais elevadas.

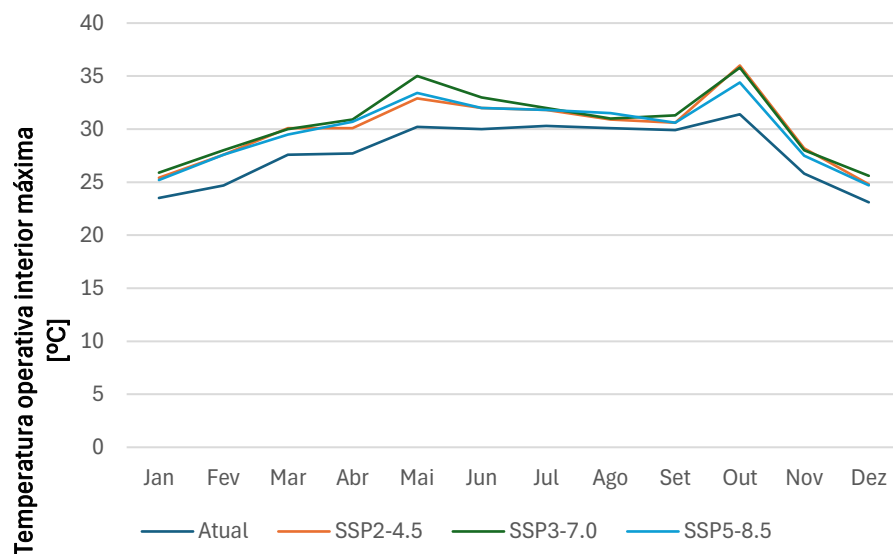


Figura 14 - Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Lisboa

O gráfico da Figura 14 mostra a comparação das temperaturas operativas interiores máximas ao longo do ano. Em todos os cenários, as temperaturas aumentam gradualmente de janeiro até outubro, podendo atingir aumento até 4,5 °C, o que vai implicar consumos de energia elétrica associados aos sistemas AVAC em modo de arrefecimento significativos, diminuindo, posteriormente, até dezembro.

A elevação das temperaturas é mais acentuada nos cenários de maiores emissões. Esse aumento destaca a necessidade de adaptar os edifícios para garantir o conforto térmico.

Casos de Estudo

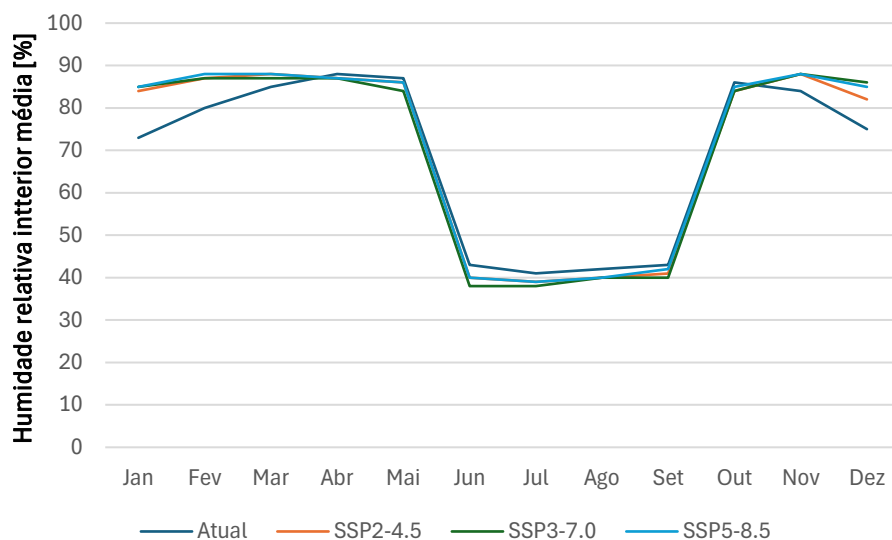


Figura 15 - Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Lisboa

O gráfico da mostra a evolução da humidade relativa interior média ao longo do ano entre os diferentes cenários.

Observa-se que, embora as emissões mais altas resultem em variações ligeiramente maiores, a humidade relativa interior média mantém-se relativamente estável comparativamente ao cenário atual.

Caso de estudo 2 – Porto

As temperaturas exteriores mínimas e máximas, a humidade relativa exterior média e as condições interiores são variáveis essenciais nas simulações pois afetam diretamente o conforto térmico, a qualidade do ar interior e o consumo energético dos edifícios. Os resultados dos cenários analisados encontram-se ilustrados nos gráficos seguintes, que comparam as variáveis referidas entre cenários atuais e futuros na região do Porto.

Para uma consulta detalhada dos valores exatos que sustentam os gráficos, estes, em formato tabela, estão disponíveis no ANEXO B.

É possível ver nas tabelas seguintes os resultados obtidos das simulações no local do caso de estudo 2.

O gráfico da Figura 16 apresenta a variação das temperaturas exteriores mínimas ao longo dos meses do ano para diferentes cenários climáticos no Porto. É possível observar que em todos os cenários futuros (SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5) existe um aumento das temperaturas exteriores mínimas em comparação às atuais. as temperaturas mínimas são consistentemente mais elevadas ao longo do ano. Isto significa em termos de perfil de temperaturas mínimas, uma perda de capacidade de arrefecimento do período noturno para fazer amenizar o perfil de temperaturas que se verificam no período diurno e o conseqüente embalar para as tais ondas de calor mais frequentes em dias seguidos. Tão ou mais importante que as temperaturas máximas, é o efeito ou conseqüência das temperaturas mínimas. Este aumento é particularmente pronunciado nos meses do verão (i.e., junho a agosto), na estação de

arrefecimento, onde as temperaturas exteriores mínimas são mais elevadas nos cenários futuros. Como o cenário SSP2-4.5 representa um futuro com políticas de mitigação moderadas, mostra aumentos de temperaturas exteriores mínimas menores até 2 °C em comparação com os outros cenários futuros.

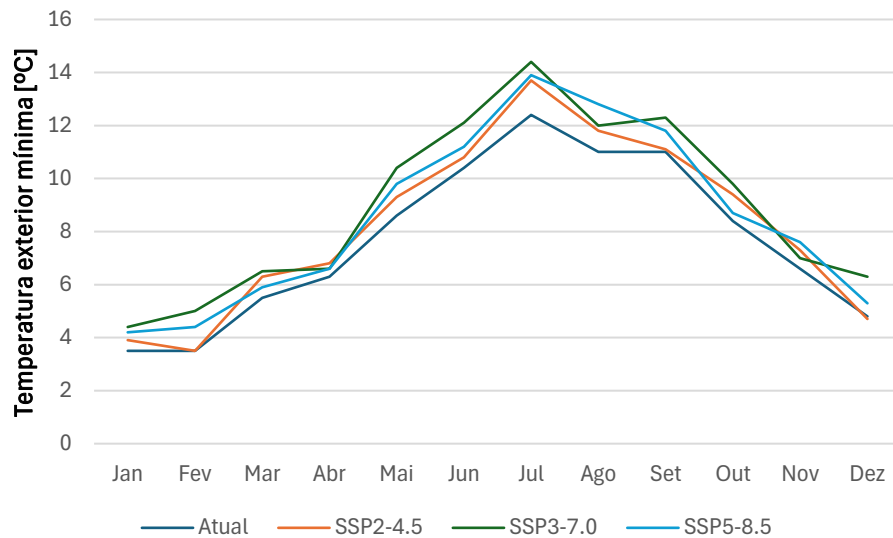


Figura 16 - Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários - Porto

As simulações indicam que existe um aumento nas temperaturas exteriores mínimas, com variações mais pronunciadas nos cenários futuros em que são previstas emissões de GEE mais elevadas. Estas mudanças sublinham a importância de políticas eficazes de mitigação e adaptação para minimizar os impactos das alterações climáticas.

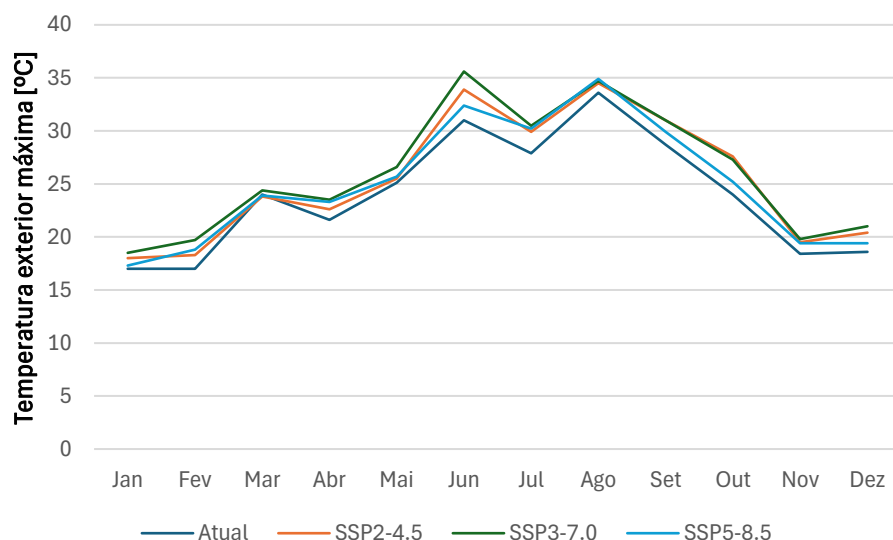


Figura 17 - Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários - Porto

O gráfico da Figura 17 destaca a variação das temperaturas exteriores máximas durante um ano. Em todos os cenários futuros observa-se um aumento até 5 °C nas temperaturas exteriores máximas em comparação com o cenário atual. Estes aumentos são mais acentuados nos

cenários em que são previstas emissões de GEE elevados, sublinhando a importância da mitigação para controlar o aquecimento global e os seus efeitos associados.

Esta subida de temperaturas exteriores máximas, implica um aumento na carga térmica dos edifícios durante o verão o que pode exigir uma maior contribuição por parte dos sistemas de arrefecimento, o que também contribui para um aumento no consumo energético dos sistemas de AVAC.

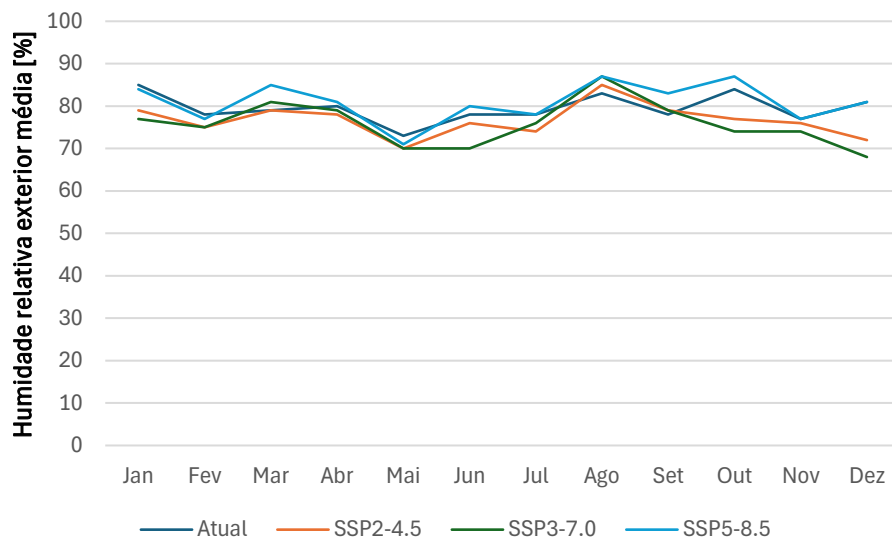


Figura 18 - Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários - Porto

O gráfico da Figura 18 apresenta a humidade relativa exterior média ao longo dos meses do ano no Porto. Em geral, a humidade relativa exterior média tende a ser superior a 70%, na média dos 80% durante a maior parte do ano em todos os cenários.

Verifica-se que a linha que representa os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 seguem perto da linha do cenário atual indicando apenas pequenas variações. O cenário SSP3-7.0 apresenta uma tendência ligeiramente inferior nos meses de setembro a dezembro, o que permite afirmar uma redução da humidade relativa exterior em condições de altas emissões de GEE.

Esta variação da humidade pode afetar o conforto térmico no interior dos edifícios, uma humidade relativa mais baixa conjugada com temperaturas mais elevadas pode exigir ajustes nos sistemas de AVAC.

O gráfico da Figura 19 mostra a evolução das temperaturas operativas interiores mínimas ao longo do ano.

Em todos os cenários, observa-se um aumento gradual até 5 °C, das temperaturas operativas interior mínimas desde o inverno até ao pico do verão seguido de uma queda gradual até dezembro.

Todos os cenários preveem um aumento nas temperaturas operativas interiores, sendo este maior nos cenários SSP3-7.0 e SSP5-8.5.

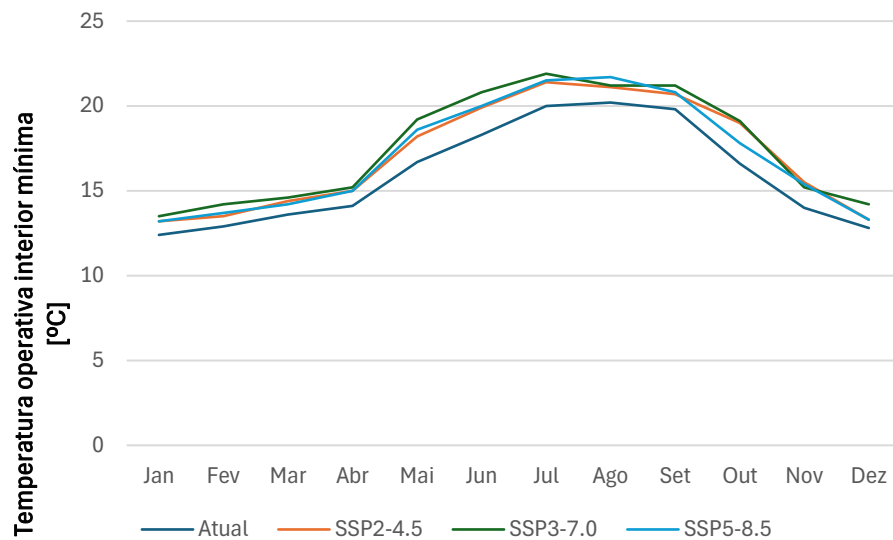


Figura 19 - Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Porto

A elevação das temperaturas operativas interiores mínimas pode reduzir a necessidade de aquecimento nos meses mais frios, potencialmente reduzindo o consumo de energia na estação de aquecimento, mas, no entanto, esta redução é balanceada com o aumento da necessidade de refrigeração.

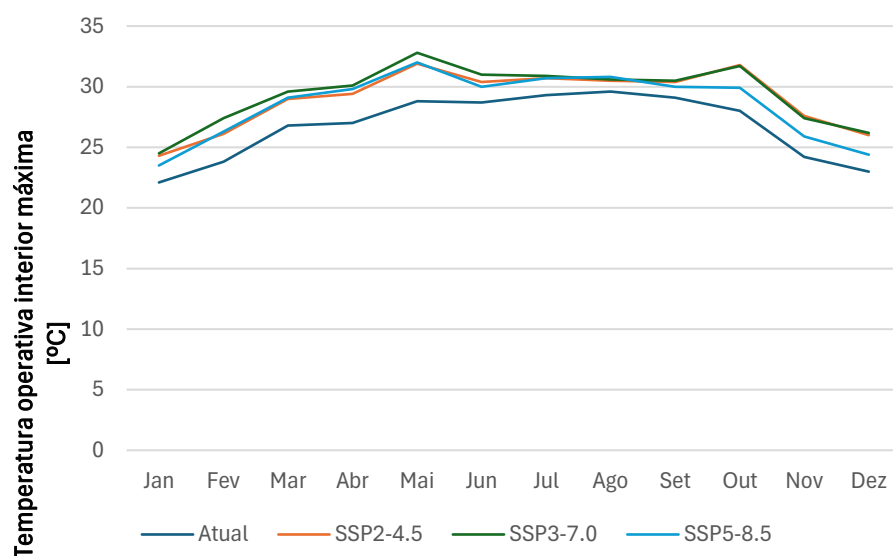


Figura 20 - Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Porto

O gráfico da Figura 20 compara as temperaturas operativas interiores máximas ao longo do ano. Em todos os cenários, observa-se um aumento gradual das temperaturas operativas interior máximas desde o inverno até ao pico do verão seguido de uma queda gradual até dezembro. Todos os cenários preveem um aumento nas temperaturas operativas interiores, sendo este maior nos cenários SSP3-7.0 e SSP5-8.5, que representam condições de aquecimento global mais severas.

Casos de Estudo

A elevação das temperaturas operativas interiores máximas indica a necessidade de adaptação dos edifícios para manter o conforto térmico, como melhorias na envolvente ou a implementação de sistemas de AVAC mais eficientes.

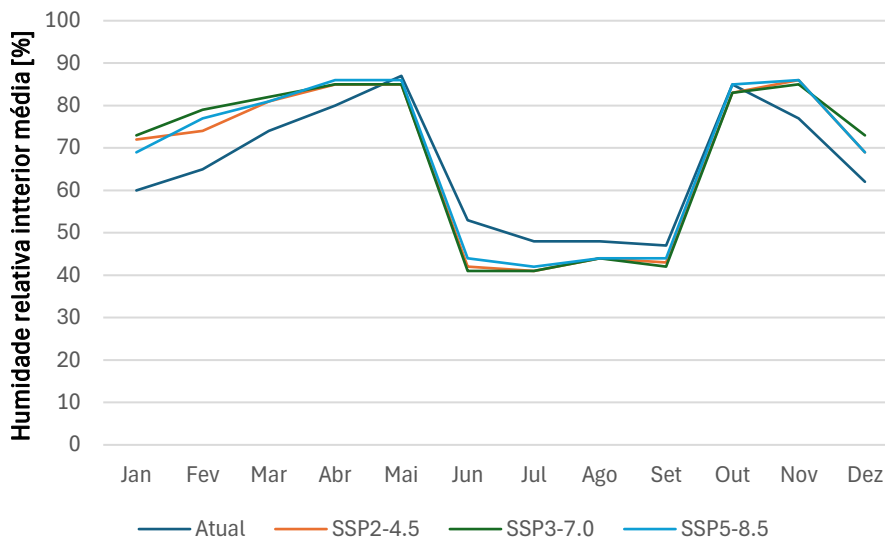


Figura 21 - Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Porto

O gráfico da Figura 21 compara a humidade relativa interior média entre os diferentes cenários propostos ao longo do ano.

Verifica-se que há medida que os cenários das emissões de GEE tornam-se mais intensos, as diferenças na humidade relativa média revelam-se maiores.

A análise das condições interiores é crucial para entender como os edifícios podem precisar de se adaptar para outras condições de conforto interiores.

Caso de estudo 3 – Bragança

As temperaturas exteriores mínimas e máximas, a humidade relativa exterior média e as condições interiores são variáveis essenciais nas simulações pois afetam diretamente o conforto térmico, a qualidade do ar interior e o consumo energético dos edifícios. Os resultados dos cenários analisados encontram-se ilustrados nos gráficos seguintes, que comparam as variáveis referidas entre cenários atuais e futuros na região de Bragança.

Para uma consulta detalhada dos valores exatos que sustentam os gráficos, estes, em formato tabela, estão disponíveis no ANEXO B.

O gráfico da Figura 22 compara as temperaturas exteriores mínimas entre diferentes cenários climáticos em Bragança.

Podemos observar que as temperaturas mínimas são mais baixas nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, e aumenta durante os meses de verão, junho, julho e agosto.

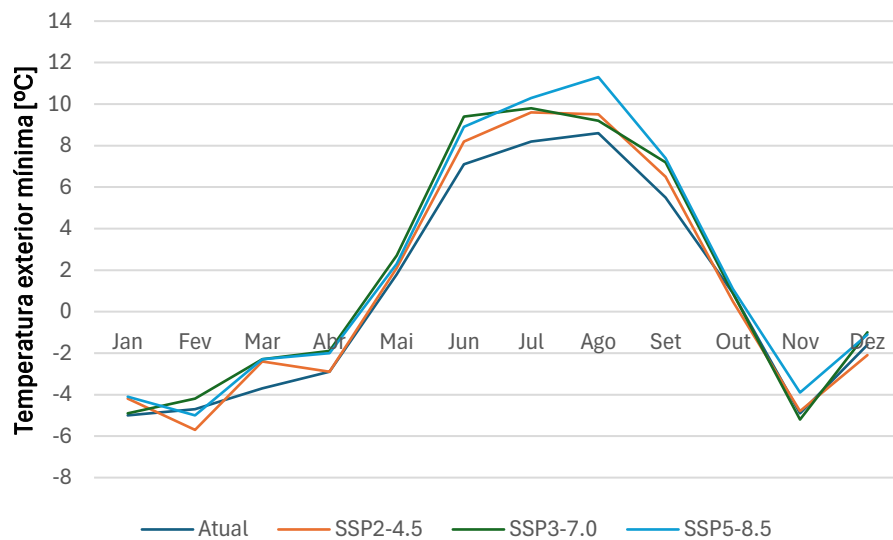


Figura 22 - Comparação das temperaturas exteriores mínimas entre os diferentes cenários – Bragança

Todos os cenários futuros mostram um aumento nas temperaturas mínimas exteriores até 2,7 °C, o que não deixa de ser algo preocupante, e que nos deve motivar no sentido de contribuirmos de modo ativo na conceção de soluções mais eficazes na climatização dos edifícios, como usarmos a nossa melhor influência e modo de vida para mitigarmos o mais possível e as alterações climáticas, por outro lado, observa-se também que este efeito é mais notável no caso dos cenários com mais emissões de GEE.

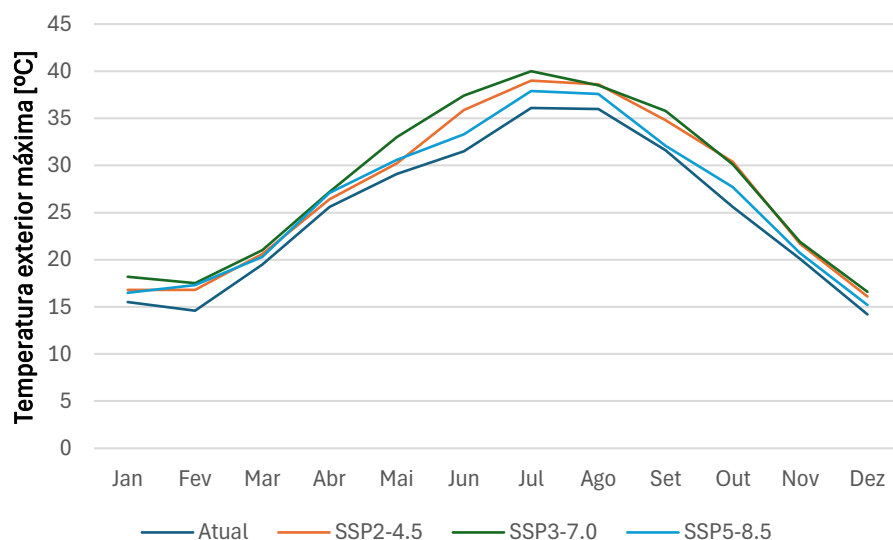


Figura 23 - Comparação das temperaturas exteriores máximas entre os diferentes cenários – Bragança

O gráfico da Figura 23 compara as temperaturas exteriores máximas em Bragança, entre os diferentes cenários.

O aumento das temperaturas máximas é de 3,9 °C nos finais de Julho, mais notável nos meses de verão onde é maior a diferença de temperaturas máximas. Fora dos meses de verão, os aumentos de temperatura ainda são evidentes, mas menos dramáticos.

Casos de Estudo

O grau de aumento depende diretamente do cenário em questão, um cenário com mais emissões tem mais impacto. Isso implica a necessidade de adaptação para lidar com temperaturas mais extremas, especialmente durante os meses de verão.

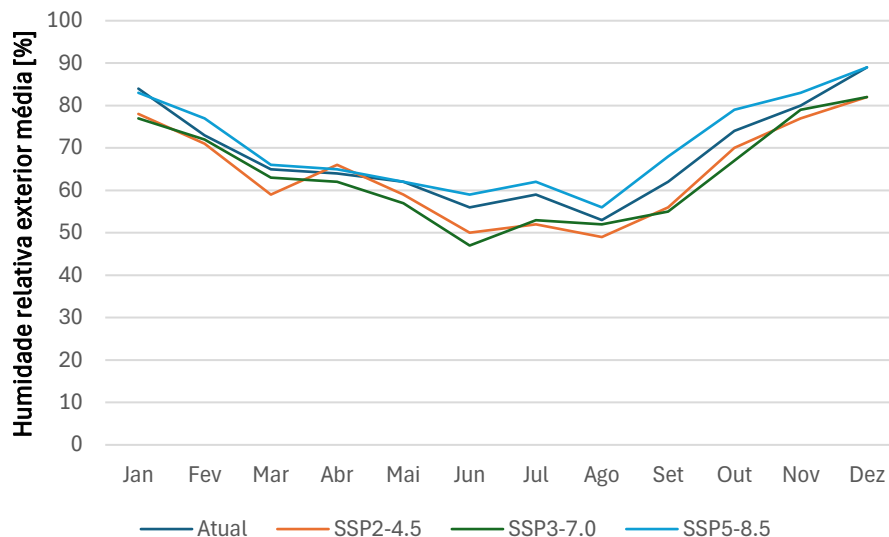


Figura 24 - Comparação da humidade relativa exterior média entre os diferentes cenários – Bragança

O gráfico da Figura 24 mostra a variação da humidade relativa exterior média ao longo do ano consoante o cenário simulado.

O cenário SSP5-8.5 apresenta uma humidade relativa média exterior mais alta ao longo de todo o ano. Isto pode surgir devido a um aumento na evaporação ou mudanças nos padrões de precipitação, fazendo com que, devido a este aumento de temperaturas, implicar uma quantidade maior de vapor de água no ar, dando origem a fenómenos mais instáveis do próprio clima, com trovoadas repentinas do tipo tropical.

Os cenários SSP2-4.5 e SSP3-7.0 indicam uma humidade relativa média menor ao longo do ano, especialmente nos meses de verão o que pode indicar verões mais secos nestes cenários.

Mais uma vez, a adaptação a estas mudanças será crucial para a mitigação e desempenho energético dos sistemas.

O gráfico da Figura 25 apresenta a comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários.

As projeções para os cenários futuros indicam que as temperaturas operativas interiores mínimas tendem a ser ligeiramente mais altas em comparação ao cenário atual, especialmente nos meses de verão.

As diferenças entre os cenários futuros são pequenas, mas o cenário SSP5-8.5, que representa o cenário com emissões mais altas, geralmente apresenta as temperaturas mais altas comparativamente aos outros dois cenários futuros.

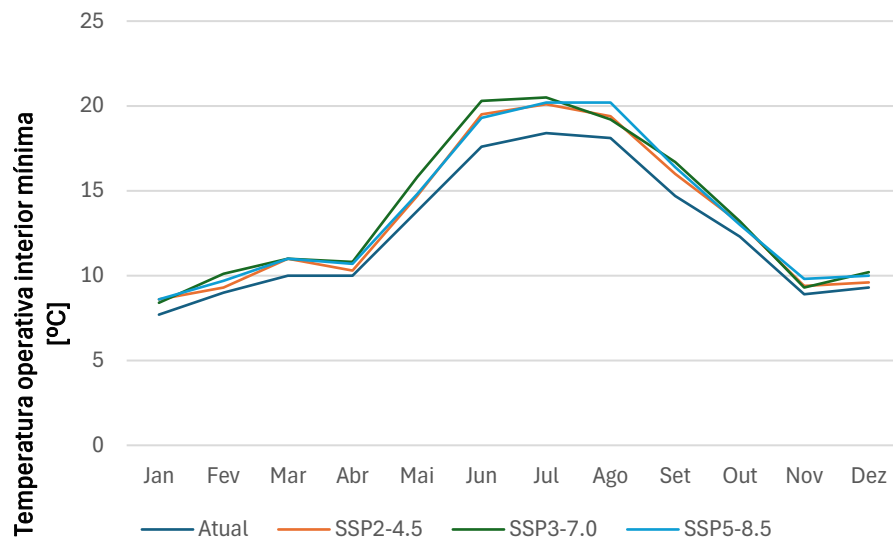


Figura 25 - Comparação das temperaturas operativas interiores mínimas entre os diferentes cenários – Bragança

Conclui-se que, à medida que as mudanças climáticas progridem, é de esperar se nada for feito, que as temperaturas operativas interiores mínimas aumentem, o que influencia negativamente o conforto térmico e a necessidade de maior arrefecimento dos edifícios na região de Bragança. As alterações climáticas em termos de necessidade de aquecimento na estação fria, terão implicações menores.

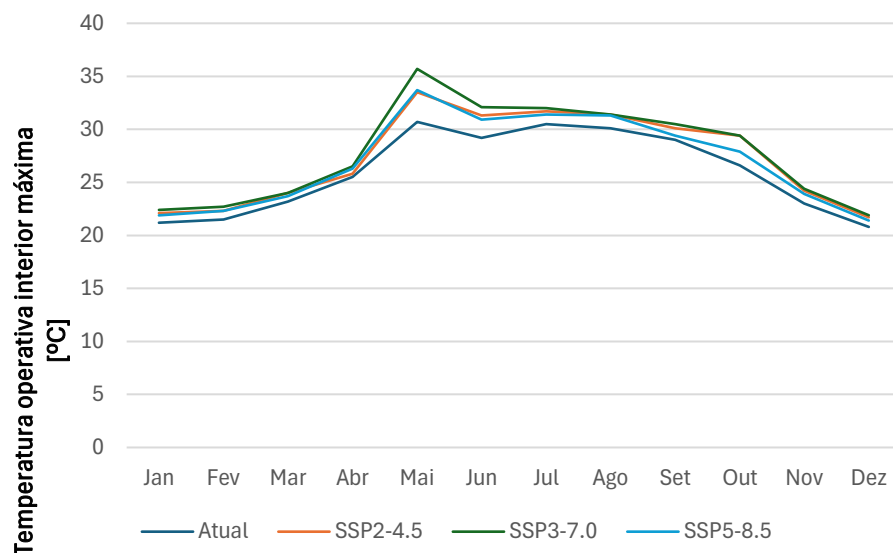


Figura 26 - Comparação das temperaturas operativas interiores máximas entre os diferentes cenários – Bragança

O gráfico da Figura 26 compara as temperaturas operativas interiores máximas em Bragança, entre os diferentes cenários.

Em todos os cenários, as temperaturas operativas interiores máximas aumentam gradualmente a partir de janeiro, atingindo picos nos meses de verão e depois começam a diminuir novamente até dezembro.

Observa-se que o cenário SSP3-7.0 parece ser o mais crítico nos meses de verão o que pode aumentar a necessidade de arrefecimento dos edifícios.

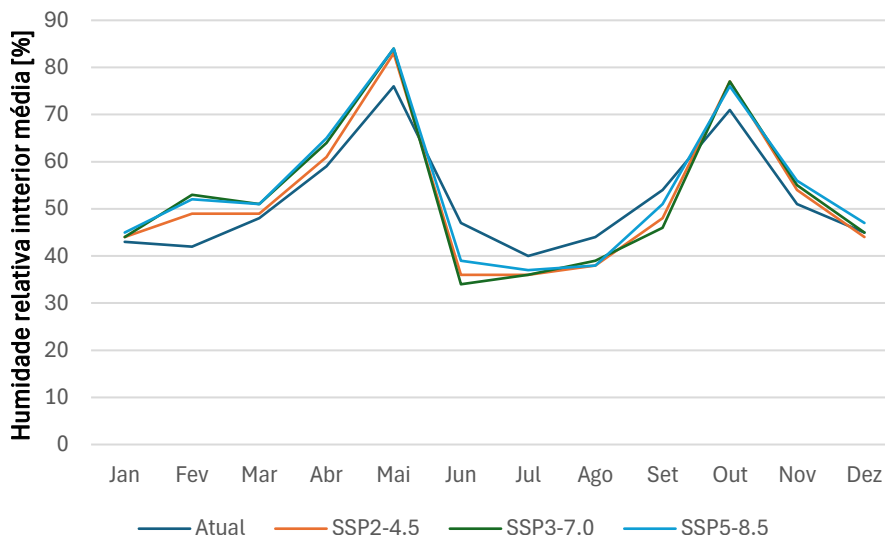


Figura 27 - Comparação da humidade relativa interior média entre os diferentes cenários – Bragança

O gráfico da Figura 27 compara a humidade relativa interior média entre os diferentes cenários. A humidade relativa interior apresenta um padrão sazonal, com picos nos meses de maio e outubro e valores mais baixos em julho e agosto.

Os cenários futuros preveem um aumento na humidade relativa interior média em comparação com o cenário atual, especialmente nos meses de maio e outubro. Durante os meses do verão, nos cenários futuros esta tende a ser mais baixa do que no cenário atual.

O aumento da humidade durante os meses de maio e outubro podem levar a condições mais desconfortáveis e ao aumento do risco de condensação nos edifícios. Por outro lado, a redução da humidade do verão pode agravar o conforto térmico devido a esta humidade baixa estar combinada com altas temperaturas. Estas projeções destacam a importância de estratégias de adaptação para manter a qualidade do ambiente interno diante das mudanças climáticas.

4.2.2. Comparação do consumo energético entre os diferentes cenários

Nesta secção, após a análise feita na secção anterior às várias variáveis climáticas importantes, elabora-se a comparação das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do edifício em questão nos diferentes cenários e o consumo energético em sistemas de AVAC associado a cada cenário de simulação. Também são verificadas as emissões de GEE para cada cenário. Para uma consulta detalhada dos relatórios de consumo e das necessidades energéticas de cada simulação realizada em cada caso de estudo, estes estão disponíveis no ANEXO C, que sustenta as tabelas seguintes.

Caso de estudo 1 – Lisboa

É possível verificar os resultados obtidos no caso de estudo 1 nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 1

Caso de estudo 1 - Lisboa	Atual	2050		
		SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Consumo energético anual do edifício em aquecimento [kWh]	1134,3	276,6 -75,6%	137,9 -87,8%	231,3 -79,6%
Consumo energético anual do edifício em arrefecimento [kWh]	6758,3	9889,7 46,3%	10768,1 59,3%	10178,9 50,6%
Consumo energético anual do edifício [kWh]	7892,6	10166,3	10906	10410,2

Analisando os resultados obtidos prevê-se que os consumos energéticos anuais dos edifícios diminuam em aquecimento pois as temperaturas vão ser mais elevadas e que aumentam em arrefecimento.

Com base no aumento ou diminuição percentual do consumo energético do edifício, é possível extrapolar o consumo energético dos edifícios de comércio e serviços em Portugal no ano 2050 nestes possíveis cenários, tendo em conta o valor da DGEG de consumo energético, referenciado na secção 3.1.3, como podemos ver na tabela seguinte.

Tabela 23 - Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 1

Ano	Dados / Cenário	Heating [GWh]	Cooling [GWh]	Total [GWh]
Atual	DGEG	478	856	1334
2050	Cenário SSP2	116,6 (-75,6%)	1252,3 (+46,3%)	1369,0
2050	Cenário SPP3	58,3 (-87,8%)	1363,6 (+59,3%)	1421,9
2050	Cenário SPP5	97,5 (-79,6%)	1289,1 (+50,6%)	1386,6

Caso de estudo 2 – Porto

É possível verificar os resultados obtidos no caso de estudo 2 nas tabelas seguintes.

Tabela 24 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 2

Caso de estudo 2 - Porto	Atual	2050		
		SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Consumo energético anual do edifício em aquecimento [kWh]	3367,7	1332,2 -60,5%	890,3 -73,6%	1632,9 -51,6%
Consumo energético anual do edifício em arrefecimento [kWh]	3448,6	6721,3 94,9%	7555,8 119,1%	6731,7 95,2%
Consumo energético anual do edifício [kWh]	6816,3	8053,5	8446,1	8364,6

Analisando os resultados obtidos prevê-se que os consumos energéticos anuais dos edifícios diminuam em aquecimento pois as temperaturas vão ser mais elevadas e que aumentam em arrefecimento.

Casos de Estudo

Com base no aumento ou diminuição percentual do consumo energético do edifício, é possível extrapolar o consumo energético dos edifícios de comércio e serviços em Portugal no ano 2050 nestes possíveis cenários, tendo em conta o valor da DGEG de consumo energético, referenciado na secção 3.1.3., como podemos ver na tabela seguinte.

Tabela 25 - Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 2

Ano	Dados / Cenário	Heating [GWh]	Cooling [GWh]	Total [GWh]
Atual	DGEG	478	856	1334
2050	Cenário SSP2	188,8 (-60,5%)	1668,3 (+94,9%)	1857,2
2050	Cenário SPP3	126,2 (-73,6%)	1875,5 (+119,1%)	2001,7
2050	Cenário SPP5	231,4 (-51,6%)	1670,9 (+95,2%)	1902,3

Caso de estudo 3 – Bragança

É possível verificar os resultados obtidos no caso de estudo 3 nas Tabelas 26 e 27.

Tabela 26 - Necessidades de aquecimento e arrefecimento - Caso de estudo 3

Caso de estudo 3 - Bragança	Atual	2050		
		SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Consumo energético anual do edifício em aquecimento [kWh]	13679,8	10993,5 -19,7%	10114,8 -26,1%	11021,9 -19,5%
Consumo energético anual do edifício em arrefecimento [kWh]	5324,3	8661,8 62,7%	9405 76,7%	8144,8 53%
Consumo energético anual do edifício [kWh]	19004,1	19655,3	19519,8	19166,7

Analisando os resultados obtidos prevê-se que os consumos energéticos anuais dos edifícios diminuam em aquecimento pois as temperaturas vão ser mais elevadas e que aumentam em arrefecimento.

Com base no aumento ou diminuição percentual do consumo energético do edifício, é possível extrapolar o consumo energético dos edifícios de comércio e serviços em Portugal no ano 2050 nestes possíveis cenários, tendo em conta o valor da DGEG de consumo energético, referenciado na secção 3.1.3., como podemos ver na tabela seguinte.

Tabela 27 - Consumo dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços em Portugal – Caso de estudo 3

Ano	Dados / Cenário	Heating [GWh]	Cooling [GWh]	Total [GWh]
Atual	DGEG	478	856	1334
2050	Cenário SSP2-4.5	383,8 (-19,7%)	1392,7 (+62,7%)	1776,5
2050	Cenário SPP3-7.0	353,2 (-26,1%)	1512,6 (+76,7%)	1865,8
2050	Cenário SPP5-8.5	384,8 (-19,5%)	1309,7 (+53%)	1694,5

4.3. Avaliação do impacto das alterações climáticas no consumo de energia

Esta secção analisa os efeitos das alterações climáticas nos consumos energéticos relacionados com os sistemas de AVAC nos diferentes casos de estudo abordados. Com base nos cenários climáticos e nas simulações realizadas, é possível compreender como o aumento das temperaturas exteriores e as mudanças nas condições climáticas influenciam a eficiência energética do equipamento.

4.3.1. Tendências observadas

Os resultados obtidos das simulações indicam que, à medida que as temperaturas exteriores aumentam, o consumo de energia associado tende a crescer de forma consistente em todas as regiões analisadas. Em Lisboa, verificou-se um aumento significativo no consumo de energia na estação de arrefecimento, onde as temperaturas operativas interiores máximas ultrapassam os 30 °C em cenários futuros. O Porto, embora beneficie de um clima costeiro mais ameno, as alterações climáticas continuam a ter impactos no consumo de energia, especialmente nos meses mais quentes do ano. Em Bragança, ao contrário dos outros casos de estudo, o impacto das alterações climáticas é menor, mas continua a existir, especialmente na estação de arrefecimento.

4.3.2. Implicações no desempenho dos sistemas de AVAC

Tal como foi referido nas secções anteriores, utilizou-se o software “*New Design Tool*” para consultar os diferentes EER e COP para as diferentes condições exteriores e interiores. No software considerou-se um sistema típico de escritório médio, um sistema *multi-split* com cinco unidades interiores, como se pode ver na figura seguinte.

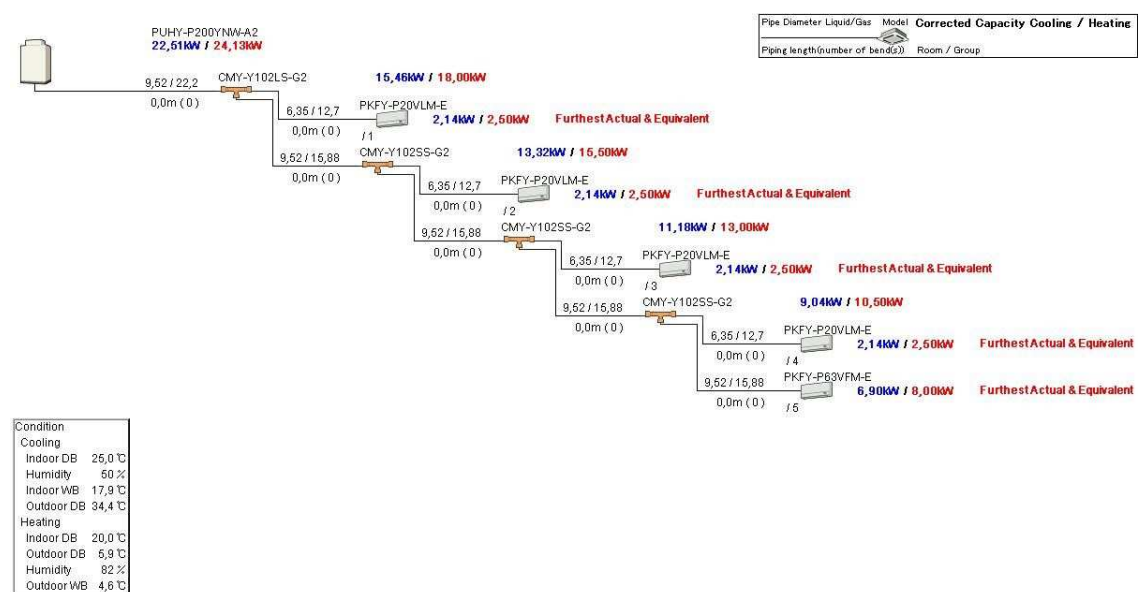


Figura 28 - Sistema de AVAC utilizado no edifício estudado

Casos de Estudo

A eficiência do sistema de AVAC é simulada consoante as condições de temperatura exterior. Isto é, para a eficiência do sistema na estação de arrefecimento, vão ser utilizadas apenas as temperaturas exterior máximas, enquanto para a eficiência do sistema na estação de aquecimento são consideradas as temperaturas exteriores mínimas e a humidade relativa exterior média correspondente, consoante as tabelas das simulações da secção 4.2.1.

Também é possível ver nas figuras onde se encontram detalhadas as eficiências, as condições que foram realizadas a simulação, no ANEXO D.

Caso de estudo 1 – Lisboa

Com base nos dados obtidos das simulações podemos observar as variações nos coeficientes de desempenho, COP, e nas eficiências energéticas sazonais, EER, do sistema de AVAC dimensionado para este edifício. O COP normalmente descreve a eficiência de aquecimento e o EER a eficiência de arrefecimento. A tabela abaixo apresenta os valores de COP e EER para os diferentes cenários.

Tabela 28 - Valores de COP e EER - Lisboa

Caso de Estudo 1 - Lisboa	COP	EER
Atual	4,28	4,79
SSP2-4.5	4,01	4,20
SSP3-7.0	4,26	4,07
SSP5-8.5	4,40	4,47

No cenário SSP2-4.5, que assume a mitigação, observa-se uma redução tanto no COP como no EER. Mesmo assumindo esforços contra as emissões de GEE, as temperaturas externas elevadas resultam em uma menor eficiência dos sistemas de AVAC.

O cenário SSP3-7.0 apresenta um COP ligeiramente inferior ao do sistema nas condições atuais, mas um EER ainda mais baixo. Isto indica que, neste cenário de emissões elevadas e desafios sociais acrescidos, os sistemas de AVAC precisam de operar em condições mais exigentes resultando numa eficiência energética menor.

Por último, o cenário SSP5-8.5, que projeto emissões muito altas e dependência de combustíveis fósseis, destaca um COP ligeiramente superior ao atual, e um EER menor do que o atual, mas superior aos outros dois cenários futuros. Este resultado pode estar relacionado com a eficiência dos sistemas em lidar com condições extremas deste cenário.

Caso de estudo 2 – Porto

Com base nos dados obtidos das simulações podemos observar as variações nos coeficientes de desempenho, COP, e nas eficiências energéticas sazonais, EER, do sistema de AVAC dimensionado para este edifício. A tabela abaixo apresenta os valores de COP e EER para os diferentes cenários.

No cenário SSP2-4.5, que assume a mitigação, observa-se uma queda de eficiência em ambas as estações. Mesmo assumindo esforços contra as emissões de GEE, as temperaturas externas elevadas afetam a eficiência dos sistemas de climatização exigindo um consumo de energia mais elevado para manter o conforto térmico.

Tabela 29 - Valores de COP e EER - Porto

Caso de Estudo 2 - Porto	COP	EER
Atual	3,43	4,91
SSP2-4.5	3,19	4,77
SSP3-7.0	3,56	4,61
SSP5-8.5	3,70	4,71

O cenário SSP3-7.0 apresenta um COP ligeiramente superior ao do sistema nas condições atuais, porém o EER é inferior. Isto indica que, neste cenário, os sistemas de AVAC conseguem operar com alguma eficiência em certas condições, mas perdem algum desempenho em situações de temperaturas muito elevadas.

Por último, apesar das alterações climáticas previstas no cenário SSP5-8.5, o COP aumenta em relação ao cenário atual, o que pode indicar algumas melhorias nos sistemas de AVAC, mas, no entanto, o EER continua inferior, o que nos indica que a eficiência em geral do sistema ainda é comprometida.

Caso de estudo 3 – Bragança

das simulações podemos observar as variações nos coeficientes de desempenho, COP, e nas eficiências energéticas sazonais, EER, do sistema de AVAC dimensionado para este edifício. A tabela abaixo apresenta os valores de COP e EER para os diferentes cenários.

Tabela 30 - Valores de COP e EER - Bragança

Caso de Estudo 3 - Bragança	COP	EER
Atual	2,98	4,54
SSP2-4.5	2,90	4,15
SSP3-7.0	2,98	4,02
SSP5-8.5	2,99	4,29

No cenário SSP2-4.5, observa-se uma ligeira diminuição do COP e do EER. O que indica que com um aumento moderado das temperaturas a eficiência dos sistemas de AVAC é afetada negativamente.

O cenário SSP3-7.0, o COP mantém-se igual ao do cenário atual, enquanto o EER diminui, o que refere que o desempenho destes sistemas na estação de arrefecimento é bastante prejudicado, devido aos picos de calor intensos.

Por último, no cenário SSP5-8.5 o COP melhora ligeiramente em comparação aos outros cenários e o EER continua inferior ao do cenário atual, mas superior aos dos outros dois cenários. Este aumento do EER pode ser resultado das adaptações que tenham sido realizadas, mas a eficiência de todo o sistema continua a ser prejudicada.

4.4. Integração de energias renováveis

Para compensar o aumento do consumo energético dos sistemas de AVAC nos edifícios de comércio e serviços foram simulados a quantidade de painéis fotovoltaicos para compensar esse aumento. Os painéis fotovoltaicos escolhidos para esta simulação são de 485W e a ficha técnica pode ser consultada no APÊNDICE A. Estas simulações foram realizadas para cada caso de estudo, como podemos ver a seguir.

Caso de estudo 1 – Lisboa

No caso de estudo 1, em Lisboa é possível analisar a quantidade de fotovoltaicos que é necessário, em cada cenário, para compensar o aumento do consumo energético dos sistemas de AVAC através dos softwares da DGEG.

Tabela 31 - Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 1

Cenário climático	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Aumento do consumo energético [kWh]	2273,70	3013,40	2517,60
Número de painéis fotovoltaicos	5	7	6
Eren, simulação 1 [kWh/ano]	522,00	497,00	521,00
Eren, simulação 2 [kWh/ano]	1665,00	2332,00	1998,00
Eren, simulação 3 [kWh/ano]	331,00	342,00	337,00
Eren, total [kWh/ano]	2518,00	3171,00	2856,00

Os resultados indicam que, no cenário SSP3-7.0, o aumento do consumo energético atinge 3013,40 kWh, sendo necessário instalar 7 painéis fotovoltaicos para compensar parte deste consumo, com uma produção total de 3171 kWh/ano de energia renovável. Em contraste, no cenário SSP2-4.5, o aumento do consumo energético é de 2273,70 kWh que é compensado pela produção de 2518 kWh/ano de energia renovável com 5 painéis fotovoltaicos. Por fim, no cenário SSP5-8.5, o aumento do consumo energético de 2517,60 kWh é compensado por 6 painéis fotovoltaicos, que tem uma produção de 2856 kWh/ano de energia renovável. Os valores de produção de energia renovável representados na Tabela 31 foram obtidos através de simulação de sistema solar fotovoltaico, que podem ser vistas no ANEXO E.

Com base na análise dos dados existentes da E-Redes, é possível verificar se a produção de energia elétrica por meios de painéis fotovoltaicos aumentou nos últimos anos no concelho de Lisboa. Como não existe informação específica relativa a dados de fotovoltaicos em edifícios de comércio e serviços, utiliza-se o conjunto de dados Total de Unidades de Produção para Autoconsumo” [48], e correlacionar com o conjunto de dados “Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) [49], com contratos ativos. É possível verificar se as unidades de produção em autoconsumo de um concelho são provenientes domésticas ou não domésticas. Por exemplo, se um concelho tiver uma grande quantidade de contadores não domésticos (empresas, comércio, etc.) e um aumento exponencial de autoconsumo pode-se levantar a hipótese que o *boom* de autoconsumo está associado a um investimento empresarial e/ou comercial.

De acordo com os dados disponibilizados é possível obter os dados da Tabela 32.

Tabela 32 - Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Lisboa, [49] e [50]

Caso de Estudo 1 - Lisboa	CPE's (não doméstico)	Número de instalações para autoconsumo
2022	2 560 998	2246 (3 trimestres)
2023	3 101 374	3976 (4 trimestres)
2024	779 666	2452 (2 trimestres)

É possível verificar o aumento dos pontos de consumo nos edifícios não domésticos e o aumento das unidades de produção para autoconsumo, logo pode-se prevê-se que a tendência observada é a instalação de painéis de fotovoltaicos aumentar.

Caso de estudo 2 – Porto

No caso de estudo 2, no Porto é possível analisar a quantidade de fotovoltaicos que é necessário, em cada cenário, para compensar o aumento do consumo energético dos sistemas de AVAC através dos softwares da DGEG.

Tabela 33 - Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 2

Cenário	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Aumento do consumo energético [kWh]	1237,20	1629,80	1548,30
Número de painéis fotovoltaicos	2	3	3
Eren, simulação 1 [kWh/ano]	532,00	629,00	721,00
Eren, simulação 2 [kWh/ano]	652,00	977,00	977,00
Eren, simulação 3 [kWh/ano]	198,00	218,00	218,00
Eren, total [kWh/ano]	1382,00	1824,00	1916,00

Os resultados indicam que, no cenário SSP3-7.0, o aumento do consumo energético atinge 1629,80 kWh, sendo necessário instalar 3 painéis fotovoltaicos para compensar parte deste consumo, com uma produção total de 1824 kWh/ano de energia renovável. Em contraste, no cenário SSP2-4.5, o aumento do consumo energético é de 1237,20 kWh que é compensado pela produção de 1382 kWh/ano de energia renovável com 2 painéis fotovoltaicos. Por fim, no cenário SSP5-8.5, o aumento do consumo energético de 1547,30 kWh é compensado por 3 painéis fotovoltaicos, que tem uma produção de 1916 kWh/ano de energia renovável. Os valores de produção de energia renovável representados na Tabela 33 foram obtidos através de simulação de sistema solar fotovoltaico, que podem ser vistas no ANEXO E.

Tal como foi feito para o caso de estudo 1, utiliza-se o conjunto de dados “Total de Unidades de Produção para Autoconsumo” e correlacionar com o conjunto de dados “Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs), com contratos ativos para verificar se existe um aumento exponencial das duas variáveis.

De acordo com os dados disponibilizados é possível obter os dados da Tabela 34.

É possível verificar o aumento dos pontos de consumo nos edifícios não domésticos e o aumento das unidades de produção para autoconsumo, logo pode-se prevê-se que a tendência observada é a instalação de painéis de fotovoltaicos aumentar.

Casos de Estudo

Tabela 34 - Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Porto, [51] e [52]

Caso de Estudo 2 - Porto	CPE's (não doméstico)	Número de instalações para autoconsumo
2022	1 754 510	2311 (3 trimestres)
2023	2 133 807	4316 (4 trimestres)
2024	537 552	2713 (2 trimestres)

Caso de estudo 3– Bragança

No caso de estudo 3, em Bragança é possível analisar a quantidade de fotovoltaicos que é necessário, em cada cenário, para compensar o aumento do consumo energético dos sistemas de AVAC através dos softwares da DGEG.

Tabela 35 - Energia renovável nos cenários SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5 - Caso de estudo 3

Cenário	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Aumento do consumo energético [kWh]	651,20	515,70	162,60
Número de painéis fotovoltaicos	1	1	1
Eren, simulação 1 [kWh/ano]	335,00	335,00	335,00
Eren, simulação 2 [kWh/ano]	320,00	320,00	320,00
Eren, simulação 3 [kWh/ano]	75,00	75,00	75,00
Eren, total [kWh/ano]	730,00	730,00	730,00

Os resultados indicam que, no cenário SSP2-4.5, o aumento do consumo energético foi de 651,20 kWh, enquanto no SSP3-7.0 foi de 515,70 kWh e no SSP5-8.5 de 162,60 kW. Em todos os cenários a produção total de energia renovável, através de 1 painel fotovoltaico, atingiu 730 kWh/ano, que é o suficiente para cobrir o aumento do consumo energético em cada um dos cenários. Os valores de produção de energia renovável representados na Tabela 35 foram obtidos através de simulação de sistema solar fotovoltaico, que podem ser vistas no ANEXO E.

Tal como foi feito para o caso de estudo 1 e 2, utiliza-se o conjunto de dados “Total de Unidades de Produção para Autoconsumo” e correlacionar com o conjunto de dados “Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs), com contratos ativos para verificar se existe um aumento exponencial das duas variáveis. De acordo com os dados disponibilizados é possível obter os dados da Tabela 36.

Tabela 36 - Caracterização de Pontos de Consumo (CPEs) e Total de Unidades de Produção para Autoconsumo – Bragança, [53] e [54]

Caso de Estudo 3 - Bragança	CPE's (não doméstico)	Número de instalações para autoconsumo
2022	210 257	1402 (3 trimestres)
2023	254 618	2953 (4 trimestres)
2024	63 971	2046 (2 trimestres)

É possível verificar o aumento dos pontos de consumo nos edifícios não domésticos e o aumento das unidades de produção para autoconsumo, logo pode-se prevê-se que a tendência observada é a instalação de painéis de fotovoltaicos aumentar.

5. Conclusão

Nesta secção, serão apresentados os principais resultados e contributos desta dissertação. Primeiramente, serão discutidas as conclusões finais, com ênfase na forma como os objetivos propostos foram alcançados, destacando a relevância dos avanços obtidos na análise do impacto das alterações climáticas no consumo energético de AVAC. De seguida, serão abordadas as limitações identificadas ao longo da investigação e sugeridas direções para estudos futuros, com o intuito de superar essas limitações e continuar a melhorar a eficiência energética dos sistemas de AVAC face aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

5.1. Conclusões finais

A presente dissertação teve como objetivo principal analisar o impacto das alterações climáticas no consumo energético dos sistemas de AVAC. Utilizando uma combinação de análise de dados históricos e modelos climáticos, foi possível identificar como as mudanças climáticas estão a influenciar o comportamento energético dos sistemas AVAC em diferentes regiões e condições climáticas. Para atingir este objetivo, foram definidos objetivos secundários específicos, nomeadamente: avaliar o comportamento energético dos sistemas de AVAC em cenários climáticos atuais e futuros, investigar os efeitos nos COP e nas EER face aos cenários climáticos futuros e explorar a possibilidade de integração de energias renováveis nos sistemas de climatização.

Ao longo da dissertação, estes objetivos foram abordados da seguinte forma:

A análise ao comportamento energético dos sistemas de AVAC foi realizada nas cidades de Lisboa, Porto e Bragança, onde se observou um aumento significativo no consumo de energia associado à estação de arrefecimento, especialmente em cenários climáticos futuros (Secção 4.3.1). Por exemplo, em Lisboa, o consumo energético para a estação de arrefecimento aumentou cerca de 59,3% no cenário SSP3-7.0, no Porto aumentou 119,1% e em Bragança 76,7%. Estes aumentos são maioritariamente atribuídos à evolução das temperaturas exteriores mínimas. A perda de capacidade de arrefecimento noturno, resultante do aumento das temperaturas mínimas, reduz a eficiência do arrefecimento natural dos edifícios. Como consequência, as necessidades de arrefecimento diurno aumentam significativamente, sem que a redução das necessidades de aquecimento possa compensar este aumento. Este efeito sublinha a tendência de que as alterações climáticas, ao intensificarem as temperaturas exteriores mínimas, elevam as exigências de arrefecimento.

A eficiência dos sistemas de AVAC em diferentes cenários foi analisada detalhadamente na secção 4.3.2. Observa-se que, na maioria dos cenários, o COP (Coeficiente de Desempenho) tende a aumentar, enquanto o EER (Índice de Eficiência Energética) diminui em todos os cenários analisados. O aumento do COP pode ser explicado pelo facto de este indicador refletir a eficiência do sistema de AVAC durante a estação de aquecimento. Com o aumento das temperaturas exteriores, o sistema necessita de menos energia eléctrica para fornecer a mesma quantidade de energia térmica, resultando assim num aumento do COP. Em contraste, o EER, que representa a eficiência dos sistemas durante a estação de arrefecimento, diminui, uma vez que os sistemas de AVAC requerem mais energia para arrefecer o ar em ambientes com temperaturas exteriores mais elevadas, levando a uma diminuição da eficiência do sistema no arrefecimento.

Na secção 4.4, discutiu-se a potencial integração de fontes de energia renovável nos sistemas de AVAC como uma medida para mitigar o impacto ambiental e aumentar a sustentabilidade energética dos edifícios. Verificou-se que, ao incorporar fontes como energia solar, é possível compensar parte do aumento do consumo energético previsto nos cenários climáticos futuros. A integração de energias renováveis e a modernização dos sistemas de AVAC emergem como soluções cruciais para manter a eficiência energéticas e reduzir o impacto ambiental no longo prazo.

5.2. Contribuições para a área de estudo

Este estudo oferece várias contribuições relevantes para o campo da eficiência energética e do design de sistemas AVAC, tais como: uma análise quantitativa e atualizada sobre como diferentes cenários climáticos impactam o consumo de energia dos sistemas de AVAC em Portugal detalhada do impacto das alterações climáticas no consumo energético dos sistemas de AVAC que permite aos profissionais planear sistemas mais robustos e eficientes para enfrentar temperaturas mais elevadas, a avaliação da eficiência energética, COP e EER, dos sistemas de climatização face às alterações climáticas, que alerta para a necessidade de investir em novas tecnologias adaptadas ao aquecimento global, e, por último, esta dissertação revela a importância de integrar fontes de energia renovável nos sistemas de AVAC como forma de compensar o aumento do consumo energético.

Além disso, a metodologia proposta e implementada nesta dissertação permite a realização do estudo do impacto das alterações climáticas aos sistemas de AVAC nas regiões mais vulneráveis e também permite orientar o desenvolvimento de novas tecnologias e estratégias de mitigação adaptadas às necessidades específicas de diferentes zonas climáticas. Este trabalho também destaca a importância de considerar cenários climáticos futuros no planeamento de infraestruturas energéticas, contribuindo assim para o fortalecimento da resiliência dos edifícios face às alterações climáticas.

Portanto, a inclusão da análise sobre a evolução das temperaturas mínimas é crucial e tecnicamente válida. A redução da capacidade de arrefecimento noturno e o aumento das temperaturas mínimas reforçam a importância deste estudo, destacando um aspeto frequentemente menos considerado em comparação com as temperaturas máximas. A

investigação sobre estas variáveis contribui significativamente para a compreensão e adaptação dos sistemas de AVAC às alterações climáticas, evidenciando a necessidade de estratégias inovadoras e sustentáveis para enfrentar os desafios futuros.

5.3. Limitações e trabalhos futuros

Apesar das importantes contribuições, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. Em primeiro lugar, a dependência de dados históricos e modelos climáticos preditivos impõe uma margem de incerteza nos resultados, dado que as projeções climáticas podem não capturar todas as variáveis e eventos inesperados que podem influenciar o consumo energético dos sistemas AVAC.

Outra limitação significativa prende-se com o âmbito geográfico do estudo. Embora tenha sido realizada uma análise comparativa entre diferentes zonas climáticas, a investigação centrou-se em regiões específicas, o que pode limitar a aplicabilidade das conclusões a nível nacional, europeu ou global. Adicionalmente, a análise focou-se em tecnologias AVAC atualmente disponíveis, não abordando o potencial impacto de inovações futuras ou de mudanças nas políticas energéticas.

Para estudos futuros, seria recomendável expandir a investigação para incluir um maior número de regiões e considerar uma variedade mais ampla de cenários climáticos. Seria vantajoso apresentar resultados de uma forma mais curta e expedita de várias regiões. Além disso, incorporar avanços tecnológicos emergentes, como sistemas AVAC baseados em inteligência artificial e automação avançada, pode fornecer uma visão mais abrangente e precisa sobre como otimizar o consumo energético em resposta às alterações climáticas. Estudos longitudinais que acompanhem a evolução das necessidades energéticas ao longo do tempo, em resposta a mudanças climáticas e tecnológicas, também seriam valiosos para consolidar o conhecimento nesta área.

Referências

- [1] IPCC, "Summary for Policymakers: Synthesis Report.," *Clim. Chang. 2023 Synth. Report. Contrib. Work. Groups I, II III to Sixth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.*, pp. 1–34, 2023.
- [2] Comissão Europeia, "Alterações Climáticas." [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_pt. Accessed: Aug. 2024.
- [3] Wisdom Ebirim, Favour Oluwadamilare Usman, Danny Jose Portillo Montero, Nwakamma Ninduwezuor-Ehiobu, Emmanuel Chigozie Ani, and Kehinde Andrew Oluwalal, "Assessing the Impact of Climate Change on Hvac System Design and Project Management," *Int. J. Appl. Res. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 3, pp. 173–184, 2024, doi: 10.51594/ijarss.v6i3.848.
- [4] M. S. Fernandes, B. Coutinho, and E. Rodrigues, "The impact of climate change on an office building in Portugal: Measures for a higher energy performance," *J. Clean. Prod.*, vol. 445, no. February, 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.141255.
- [5] W. J. Ripple *et al.*, "The 2023 state of the climate report : Entering uncharted," pp. 1–10, 2023.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change, "2019 Refinement," *2019 Refinement to 2006 IPCC Guidel. Natl. Greenh. Gas Invent.*, vol. 1, pp. 1–4, 2019.
- [7] "Environmental impact of energy," European Environment Agency. Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/environmental-impact-of-energy>
- [8] E. Rodrigues, M. S. Fernandes, and D. Carvalho, "Future weather generator for building performance research: An open-source morphing tool and an application," *Build. Environ.*, vol. 233, no. October 2022, 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110104.
- [9] M. Croucher, "Potential problems and limitations of energy conservation and energy efficiency," *Energy Policy*, vol. 39, no. 10, pp. 5795–5799, 2011, doi: 10.1016/j.enpol.2011.07.011.
- [10] L. Glowka, "Second conference of the parties," *Environ. Policy Law*, vol. 26, no. 2–3, pp. 71–75, 1996.
- [11] M. Allen, M. Babiker, and Y. Chen, "Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-industrial Levels in Context of Strengthening Response to Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Pover," *Glob. Warm. 1.5°C*, pp. 1–24, 2018, [Online]. Available: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009157940%23prf2/type/bo>

Referências

- ok_part Accessed: Aug. 2024.
- [12] S. Development, “The 2030 Agenda for Sustainable Development.” [Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals> Accessed: Aug. 2024.
- [13] B. C. for S. D. BCSD, “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, [Online]. Available: <https://ods.pt/> Accessed: Aug. 2024.
- [14] C. R. de I. das N. U. UNRIC, “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.” [Online]. Available: <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> Accessed: Aug. 2024.
- [15] Comissão Europeia, “Reflection paper: Towards a Sustainable Europe by 2030,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [16] J. Gheuens, “The European Green Deal,” *Mak. Eur. Green Deal Work*, no. December, pp. 15–28, 2023, doi: 10.4324/9781003246985-3.
- [17] Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, “Plano Nacional Energia e Clima 2030 - Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020,” *Diário da República - I Série-B*, no. 2, pp. 3179–3182, 2020, [Online]. Available: <https://dre.pt/home/-/dre/137618093/details/maximized> Accessed: Aug. 2024.
- [18] D. A. Asimakopoulos *et al.*, “Modelling the energy demand projection of the building sector in Greece in the 21st century,” *Energy Build.*, vol. 49, pp. 488–498, 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.02.043.
- [19] S. Shan, B. Cao, and Z. Wu, “Forecasting the Short-Term Electricity Consumption of Building Using a Novel Ensemble Model,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 88093–88106, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2925740.
- [20] D. Mariano-Hernández, L. Hernández-Callejo, A. Zorita-Lamadrid, O. Duque-Pérez, and F. Santos García, “A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis,” *J. Build. Eng.*, vol. 33, no. March 2020, 2021, doi: 10.1016/j.jobbe.2020.101692.
- [21] Parlamento Europeu, “Diretiva (UE) 2024/1275,” vol. 1275, pp. 1–68, 2024, [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj> Accessed: Aug. 2024.
- [22] J. Pan, R. Jain, and S. Paul, “A survey of energy efficiency in buildings and microgrids using networking technologies,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 16, no. 3, pp. 1709–1731, 2014, doi: 10.1109/SURV.2014.060914.00089.
- [23] R. K. Jaysawal, S. Chakraborty, D. Elangovan, and S. Padmanaban, “Concept of net zero energy buildings (NZEB) - A literature review,” *Clean. Eng. Technol.*, vol. 11, no. August, p. 100582, 2022, doi: 10.1016/j.clet.2022.100582.
- [24] Jens LAUsTsen, “Energy Efficiency Requirements in Building Codes , Energy Efficiency Policies for New Buildings,” *Buildings*, no. March, pp. 1–85, 2008, [Online]. Available: http://www.iea.org/g8/2008/Building_Codes.pdf Accessed: Aug. 2024.
- [25] D. D’Agostino, D. Parker, I. Epifani, D. Crawley, and L. Lawrie, “How will future climate impact the design and performance of nearly zero energy buildings (NZEBs)?,” *Energy*, vol. 240, p. 122479, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2021.122479.
- [26] A. N. C. Viana *et al.*, “Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações,” vol. 1, 2012.

- [27] M. Leidiane and N. N. dos R. da Silva, *Eficiência Energética e Qualidade de Energia*. 2017. [Online]. Available: <http://www.kroton.com.br/> Accessed: Aug. 2024.
- [28] A. C. Chávez-mejía, R. Magaña-lópez, J. C. Durán-álvarez, and B. E. Jiménez-cisneros, "International Journal of Environment , Agriculture and Biotechnology (IJEAB)," no. November, 2019, doi: 10.22161/ijeab.
- [29] B. Mota *et al.*, "Climatization and luminosity optimization of buildings using genetic algorithm, random forest, and regression models," *Energy Informatics*, vol. 4, no. Suppl 2, 2021, doi: 10.1186/s42162-021-00151-x.
- [30] L. Gomes, F. Sousa, and Z. Vale, "An intelligent smart plug with shared knowledge capabilities," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 11, 2018, doi: 10.3390/s18113961.
- [31] A. Vieira, "SACE: PARA ALÉM DE UMA NOVA DESIGNAÇÃO, O QUE É QUE MUDA COM A LEGISLAÇÃO?," 2021, [Online]. Available: <https://edificioseenergia.pt/opiniao-analise/geoterme-sace-3011/> Accessed: Aug. 2024.
- [32] C. B. Smith and K. E. Parmenter, *Energy Management Principles: Applications, Benefits, Savings, Second Edition*. 2015.
- [33] D. Energ, "Manual SCE," 2024.
- [34] Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação, "Portaria n.º 138-I/2021," *Diário da República n.º 126/2021, 2º Supl. Série I 2021-07-01*, no. 12, pp. 12–53, 2021, [Online]. Available: <https://dre.pt/application/conteudo/166296492> Accessed: Aug. 2024.
- [35] L. Marjanovic-Halburd, I. Korolija, and V. I. Hanby, "Heating Ventilating and Air-Conditioning (HVAC) equipment taxonomy," *IIR 2008 - HVAC Energy Effic. Best Pract. Conf.*, no. February 2016, 2008.
- [36] L. RORIZ, *Climatização: Conceção, Instalação e Condução de Sistemas*. 2006.
- [37] D. B. Crawley *et al.*, "EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program," *Energy Build.*, vol. 33, no. 4, pp. 319–331, 2001, doi: 10.1016/S0378-7788(00)00114-6.
- [38] R. C. Resources, "American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2021). 2021 Ashrae handbook : fundamentals (SI)," 2021.
- [39] Y. Ji, A. Lee, and W. Swan, "Building dynamic thermal model calibration using the Energy House facility at Salford," *Energy Build.*, vol. 191, pp. 224–234, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.03.001.
- [40] CYPE, "CYPETHERM Eplus info." [Online]. Available: <https://info.cype.com/pt/produto/cypetherm-eplus/>
- [41] DGEG, "Consumo por município e tipo de consumidor." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/electricidade/consumo-por-municipio-e-tipo-de-consumidor/> Accessed: Aug. 2024.
- [42] DGEG, "Balanços Energéticos." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/balancos-energeticos/> Accessed: Aug. 2024.
- [43] DGEG, "Indicadores Energéticos." [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/indicadores-energeticos/> Accessed:

Referências

Aug. 2024.

- [44] E. Rodrigues, D. Carvalho, and M. S. Fernandes, “Future Weather Generator.” [Online]. Available: <https://future-weather-generator.adai.pt/documentation/#technical-description> Accessed: Aug. 2024.
- [45] B. C. O’Neill *et al.*, “The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century,” *Glob. Environ. Chang.*, vol. 42, pp. 169–180, 2017, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.
- [46] “EPW map.” [Online]. Available: <https://www.ladybug.tools/epwmap/> Accessed: Aug. 2024.
- [47] L. Gomes and Z. Vale, “Costless renewable energy distribution model based on cooperative game theory for energy communities considering its members’ active contributions,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 101, no. October 2023, p. 105060, 2024, doi: 10.1016/j.scs.2023.105060.
- [48] “Unidades de Produção de Autoconsumo,” E-Redes. [Online]. Available: <https://e-redes.opendatasoft.com/explore/dataset/8-unidades-de-producao-para-autoconsumo/table/> Accessed: Aug. 2024.
- [49] “Caracterização dos pontos de consumo CPE - Lisboa.” Accessed: Aug. 2024.
- [50] “Unidades de pequena Produção e de autoconsumo - Lisboa.” [Online]. Available: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/produtores/producaoEnergia/legislacao/ProducaoRegimeEspecial/Pages/UnidadesdepequenaProducaoedeautoconsumo.aspx> Accessed: Aug. 2024.
- [51] “Caracterização dos pontos de consumo CPE - Porto.” Accessed: Aug. 2024.
- [52] “Unidades de pequena Produção e de autoconsumo - Porto.” [Online]. Available: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/produtores/producaoEnergia/legislacao/ProducaoRegimeEspecial/Pages/UnidadesdepequenaProducaoedeautoconsumo.aspx> Accessed: Aug. 2024.
- [53] E-Redes, “Caracterização dos pontos de consumo CPE - Bragança.” Accessed: Aug. 2024.
- [54] “Unidades de pequena Produção e de autoconsumo - Bragança.” [Online]. Available: <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/produtores/producaoEnergia/legislacao/ProducaoRegimeEspecial/Pages/UnidadesdepequenaProducaoedeautoconsumo.aspx> Accessed: Aug. 2024.

Declaração de Integridade

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

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

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

NOME: David José Soares Rodrigues

ISEP, Porto, 14 de setembro de 2024

Anexo A - Ficha técnica do painel fotovoltaico

Q.PEAK DUO XL-G10 SERIES



475-490 Wp | 156 Cells
21.2% Maximum Module Efficiency

MODEL Q.PEAK DUO XL-10.3/BFG



6 busbar
cell technology



12 busbar
cell technology



Bifacial energy yield gain of up to 20%

Bifacial Q.ANTUM solar cells with zero gap cell layout make efficient use of light shining on the module rear-side for radically improved LCOE.



Low electricity generation costs

Q.ANTUM DUO Z combines cutting edge cell separation and innovative wiring with Q.ANTUM Technology for higher yield per surface area, lower BOS costs, higher power classes, and an efficiency rate of up to 21.2%.



A reliable investment

Double glass module design enables extended lifetime with 12-year product warranty and improved 30-year performance warranty¹.



Enduring high performance

Long-term yield security with Anti LeTID Technology, Anti PID Technology², Hot-Spot Protect.



Frame for versatile mounting options

High-tech aluminum alloy frame protects from damage, enables use of a wide range of mounting structures and is certified regarding IEC for high snow (5400 Pa) and wind loads (3000 Pa).



Innovative all-weather technology

Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behavior.

¹ See data sheet on rear for further information.

² APT test conditions according to IEC/TS 62804-1:2015 method B (-1500V, 168h) including post treatment according to IEC 61215-1 Ed. 2.0 (CD)

The ideal solution for:



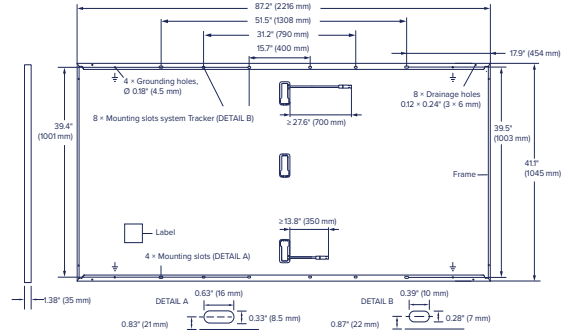
Ground mounted
solar panels



Q.PEAK DUO XL-G10 SERIES

Mechanical Specification

Format	87.2 in × 41.1 in × 1.38 in (including frame) (2216 mm × 1045 mm × 35 mm)
Weight	64.2 lbs (29.1kg)
Front Cover	0.08 in (2.0 mm) thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
Back Cover	0.08 in (2.0 mm) semi-tempered glass
Frame	Anodized aluminum
Cell	6 × 26 monocrystalline Q.ANTUM solar half cells
Junction box	2.09-3.98 in × 1.26-2.36 in × 0.59-0.71 in (53-101 mm × 32-60 mm × 15-18 mm), IP67, with bypass diodes
Cable	4 mm ² Solar cable; (+) ≥ 27.6 in (700 mm), (-) ≥ 13.8 in (350 mm)
Connector	Stäubli MC4, Stäubli MC4-Evo2, Hanwha Q CELLS HQC4, IP68



Electrical Characteristics

POWER CLASS			475	480	485	490
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC ¹ (POWER TOLERANCE +5 W/-0 W)						
Minimum	Power at MPP ¹	P _{MPP} [W]	475	480	485	490
	Short Circuit Current ¹	I _{SC} [A]	11.08	11.12	11.16	11.20
	Open Circuit Voltage ¹	V _{OC} [V]	53.15	53.34	53.63	53.86
	Current at MPP	I _{MPP} [A]	10.55	10.59	10.63	10.67
	Voltage at MPP	V _{MPP} [V]	45.03	45.33	45.63	45.93
	Efficiency ¹	η [%]	≥ 20.5	≥ 20.7	≥ 20.9	≥ 21.2

Bifaciality of P_{MPP} and I_{SC} 70% ± 5% • Bifaciality given for rear side irradiation on top of STC (front side) • According to IEC 60904-1-2

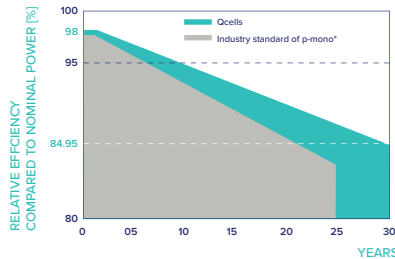
¹ Measurement tolerances P_{MPP} ± 3%; I_{SC}, V_{OC} ± 5% at STC; 1000 W/m²; *at BSC: 1000 W/m² + φ × 135 W/m², φ = 70% ± 5%, 25 ± 2°C, AM 1.5 according to IEC 60904-3

MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NMOT²

Minimum	Power at MPP	P _{MPP} [W]	357.6	361.4	365.1	368.9
	Short Circuit Current	I _{SC} [A]	8.92	8.96	8.99	9.02
	Open Circuit Voltage	V _{OC} [V]	50.27	50.49	50.72	50.95
	Current at MPP	I _{MPP} [A]	8.30	8.34	8.37	8.40
	Voltage at MPP	V _{MPP} [V]	43.06	43.35	43.63	43.92

² 800 W/m², NMOT, spectrum AM 1.5

Qcells PERFORMANCE WARRANTY

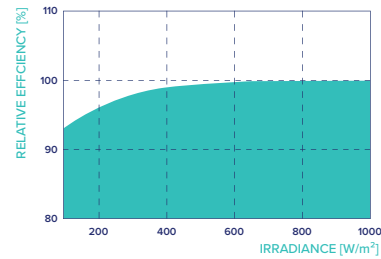


At least 98% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.45% degradation per year. At least 93.95% of nominal power up to 10 years. At least 84.95% of nominal power up to 30 years.

All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Qcells sales organisation of your respective country.

*Standard terms of guarantee for the 5 PV companies with the highest production capacity in 2021 (February 2021)

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25°C, 1000 W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficient of I _{SC}	α [%/K]	+0.04	Temperature Coefficient of V _{OC}	β [%/K]	-0.27
Temperature Coefficient of P _{MPP}	γ [%/K]	-0.34	Nominal Module Operating Temperature	NMOT [°F]	109 ± 5.4 (43 ± 3°C)

Properties for System Design

Maximum System Voltage	V _{sys} [V]	1500	PV module classification	Class II
Maximum Series Fuse Rating	[A DC]	20	Fire Rating based on ANSI/UL 61730	TYPE 29 ⁴
Max. Design Load, Push/Pull ³	[lbs/ft ²]	75 (3600 Pa)/42 (2000 Pa)	Permitted Module Temperature on Continuous Duty	-40°F up to +185°F (-40°C up to +85°C)
Max. Test Load, Push/Pull ³	[lbs/ft ²]	113 (5400 Pa)/62 (3000 Pa)		

³ See Installation Manual

⁴ New Type is similar to Type 3 but with metallic frame

Qualifications and Certificates

Quality Controlled PV - TÜV Rheinland; UL 61730, CE-compliant, IEC 61215:2016, IEC 61730:2016, U.S. Patent No. 9,893,215 (solar cells)



Qcells pursues minimizing paper output in consideration of the global environment.

Note: Installation instructions must be followed. Contact our technical service for further information on approved installation of this product.

Hanwha Q CELLS America Inc. 400 Spectrum Center Drive, Suite 1400, Irvine, CA 92618, USA | TEL +1 949 748 59 96 | EMAIL hqc-inquiry@qcells.com | WEB www.qcells.com

qcells

Anexo B - Dados das simulações realizadas nos casos de estudo

Simulação realizada em Lisboa - Cenário atual

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	5,9	18	82	13,9	23,5	73
Fev	7,1	19,2	79	15,1	24,7	80
Mar	6,3	24,9	81	14,7	27,6	85
Abr	9,8	24,5	70	17,7	27,7	88
Mai	12,3	29,1	67	19,8	30,2	87
Jun	14,2	34,1	69	20,8	30	43
Jul	15,6	34,2	66	22,2	30,3	41
Ago	17,2	34,4	69	23	30,1	42
Set	15	31,3	73	21,7	29,9	43
Out	12	28,2	77	18,7	31,4	86
Nov	6,8	19	78	14,6	25,8	84
Dez	6,5	18,3	78	14,4	23,1	75

Simulação realizada em Lisboa - Cenário climático SSP2-4.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	6	19,2	81	14,8	25,4	84
Fev	7,2	20,2	77	16,3	27,6	87
Mar	7,5	25,5	76	16,1	30,1	88
Abr	10,7	24,8	70	19,1	30,1	87
Mai	12,8	29,2	67	21,2	32,9	86
Jun	14,6	38,6	63	21,9	32	40
Jul	16,6	36,4	60	23,4	31,8	39
Ago	17,2	34,7	72	23,3	30,9	40
Set	15,6	31,4	77	22,4	30,6	41
Out	12,9	32,1	70	21,2	36	84
Nov	7,5	19,9	78	15,9	28,2	88

Anexo B

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Dez	5,8	19,3	73	14,6	24,8	72

Simulação realizada em Lisboa - Cenário SSP3-7.0

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	6,3	20	76	15	25,9	85
Fev	8,1	20,9	80	16,9	28	87
Mar	7,2	26,2	79	16,2	30	87
Abr	10,6	26,2	68	19,6	30,9	87
Mai	13,9	32,3	62	22,7	35	84
Jun	15,6	39,6	61	22,6	33	38
Jul	16,9	36,8	62	23,7	32	38
Ago	17,2	34,9	74	23,3	31	40
Set	16,5	33,5	72	23,2	31,3	40
Out	13,4	31,5	71	21,4	35,8	84
Nov	7	20,4	76	15,7	28	88
Dez	6,6	20,5	74	15,5	25,6	86

Simulação realizada em Lisboa - Cenário climático SSP5-8.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	6,3	19,2	82	14,9	25,2	85
Fev	7,9	20,6	79	16,6	27,6	88
Mar	7,3	25	83	16	29,5	88
Abr	10,7	25,9	70	19,5	30,7	87
Mai	13,1	30	66	21,6	33,4	86
Jun	14,9	36,6	68	21,9	32	40
Jul	16,8	36,4	64	23,5	31,8	39
Ago	18,4	36,2	69	24,2	31,5	40
Set	15,8	31,4	78	22,4	30,6	42
Out	12,4	29,6	77	20,3	34,4	85
Nov	8	19,5	79	15,9	27,5	88
Dez	7,3	19	81	15,2	24,7	85

Dados das simulações realizadas no caso de estudo 2 - Porto*Simulação realizada no Porto - Cenário climático atual*

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	3,5	17	85	12,4	22,1	60
Fev	3,5	17	78	12,9	23,8	65
Mar	5,5	24	79	13,6	26,8	74
Abr	6,3	21,6	80	14,1	27	80
Mai	8,6	25,1	73	16,7	28,8	87
Jun	10,4	31	78	18,3	28,7	53
Jul	12,4	27,9	78	20	29,3	48
Ago	11	33,6	83	20,2	29,6	48
Set	11	28,7	78	19,8	29,1	47
Out	8,4	24	84	16,6	28	85
Nov	6,6	18,4	77	14	24,2	77
Dez	4,8	18,6	81	12,8	23	62

Simulação realizada no Porto - Cenário climático SSP2-4.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	3,9	18	79	13,2	24,3	72
Fev	3,5	18,3	75	13,5	26,1	74
Mar	6,3	23,8	79	14,4	29	81
Abr	6,8	22,6	78	15	29,4	85
Mai	9,3	25,5	70	18,2	31,9	85
Jun	10,8	33,9	76	19,9	30,4	42
Jul	13,7	29,9	74	21,4	30,7	41
Ago	11,8	34,5	85	21,1	30,5	44
Set	11,1	31	79	20,7	30,4	43
Out	9,4	27,6	77	19	31,8	83
Nov	7,3	19,5	76	15,5	27,6	86
Dez	4,7	20,4	72	13,3	26	69

Simulação realizada no Porto - Cenário climático SSP3-7.0

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	4,4	18,5	77	13,5	24,5	73
Fev	5	19,7	75	14,2	27,4	79
Mar	6,5	24,4	81	14,6	29,6	82

Anexo B

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Abr	6,6	23,5	79	15,2	30,1	85
Mai	10,4	26,6	70	19,2	32,8	85
Jun	12,1	35,6	70	20,8	31	41
Jul	14,4	30,5	76	21,9	30,9	41
Ago	12	34,7	87	21,2	30,6	44
Set	12,3	31	79	21,2	30,5	42
Out	9,8	27,3	74	19,1	31,7	83
Nov	7	19,8	74	15,2	27,4	85
Dez	6,3	21	68	14,2	26,2	73

Simulação realizada no Porto - Cenário SSP5-8.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	4,2	17,3	84	13,2	23,5	69
Fev	4,4	18,8	77	13,7	26,3	77
Mar	5,9	23,9	85	14,2	29,1	81
Abr	6,6	23,3	81	15	29,8	86
Mai	9,8	25,7	71	18,6	32	86
Jun	11,2	32,4	80	20	30	44
Jul	13,9	30,2	78	21,5	30,7	42
Ago	12,8	34,9	87	21,7	30,8	44
Set	11,8	29,9	83	20,8	30	44
Out	8,7	25,2	87	17,8	29,9	85
Nov	7,6	19,4	77	15,4	25,9	86
Dez	5,3	19,4	81	13,3	24,4	69

Dados das simulações realizadas no caso de estudo 3 - Bragança

Simulação realizada em Bragança - Cenário climático atual

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	-5	15,5	84	7,7	21,2	43
Fev	-4,7	14,6	73	9	21,5	42
Mar	-3,7	19,5	65	10	23,2	48
Abr	-2,9	25,6	64	10	25,5	59
Mai	1,8	29,1	62	13,8	30,7	76
Jun	7,1	31,5	56	17,6	29,2	47
Jul	8,2	36,1	59	18,4	30,5	40

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Ago	8,6	36	53	18,1	30,1	44
Set	5,5	31,6	62	14,7	29	54
Out	0,9	25,6	74	12,3	26,6	71
Nov	-4,9	20,1	80	8,9	23	51
Dez	-1,6	14,2	89	9,3	20,8	45

Simulação realizada em Bragança - Cenário climático SSP2-4.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	6	19,2	81	14,8	25,4	84
Fev	7,2	20,2	77	16,3	27,6	87
Mar	7,5	25,5	76	16,1	30,1	88
Abr	10,7	24,8	70	19,1	30,1	87
Mai	12,8	29,2	67	21,2	32,9	86
Jun	14,6	38,6	63	21,9	32	40
Jul	16,6	36,4	60	23,4	31,8	39
Ago	17,2	34,7	72	23,3	30,9	40
Set	15,6	31,4	77	22,4	30,6	41
Out	12,9	32,1	70	21,2	36	84
Nov	7,5	19,9	78	15,9	28,2	88
Dez	5,8	19,3	73	14,6	24,8	72

Simulação realizada em Bragança - Cenário climático SSP3-7.0

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	-4,9	18,2	77	8,4	22,4	44
Fev	-4,2	17,5	72	10,1	22,7	53
Mar	-2,3	21	63	11	24	51
Abr	-1,9	27,2	62	10,8	26,5	64
Mai	2,7	33	57	15,8	35,7	84
Jun	9,4	37,4	47	20,3	32,1	34
Jul	9,8	40	53	20,5	32	36
Ago	9,2	38,5	52	19,2	31,4	39
Set	7,2	35,8	55	16,7	30,5	46
Out	0,9	30,1	67	13,2	29,4	77
Nov	-5,2	21,9	79	9,3	24,4	55
Dez	-1	16,6	82	10,2	21,9	45

Anexo B

Simulação realizada em Bragança - Cenário climático SSP5-8.5

Mês	Temperatura exterior mínima [°C]	Temperatura exterior máxima [°C]	Humidade relativa exterior média [%]	Temperatura operativa interior mínima [°C]	Temperatura operativa interior máxima [°C]	Humidade relativa interior média [%]
Jan	-4,1	16,5	83	8,6	21,9	45
Fev	-5	17,3	77	9,7	22,3	52
Mar	-2,3	20,3	66	11	23,7	51
Abr	-2	27,1	65	10,7	26,3	65
Mai	2,3	30,6	62	14,8	33,7	84
Jun	8,9	33,3	59	19,3	30,9	39
Jul	10,3	37,9	62	20,2	31,4	37
Ago	11,3	37,6	56	20,2	31,3	38
Set	7,4	32,1	68	16,4	29,4	51
Out	1,1	27,7	79	13	27,9	76
Nov	-3,9	20,7	83	9,8	23,9	56
Dez	-1,1	15,2	89	10	21,4	47

Anexo C - Relatório de consumo energético nos vários casos de estudo

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	435.7	159.5	125.6	--	--	--	--	--	--	--	77.5	336.0	1134.3	2.5
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	1325.3	1860.4	2059.7	1512.9	--	--	--	6758.3	14.9
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	633.3	334.3	315.1	179.5	177.4	1489.2	2021.7	2221.0	1672.8	177.4	260.9	529.6	10012.2	22.1

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	85.8	26.0	25.7	--	--	--	--	--	--	--	13.2	65.3	215.9	1.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	256.1	378.9	435.0	316.3	--	--	--	1386.2	10.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	135.2	69.7	73.1	44.9	44.3	297.0	419.2	475.3	356.3	44.4	59.1	113.6	2132.1	16.3
Energia útil proporcionada	Aquecimento	85.8	26.0	25.7	--	--	--	--	--	--	--	13.2	65.3	215.9	1.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	256.1	378.9	435.0	316.3	--	--	--	1386.2	10.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	135.2	69.7	73.1	44.9	44.3	297.0	419.2	475.3	356.3	44.4	59.1	113.6	2132.1	16.3	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	67.0	17.8	16.7	--	--	--	--	--	--	--	7.0	47.2	155.8	1.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	424.3	571.8	631.8	484.5	--	--	--	2112.3	16.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	116.4	61.5	64.1	44.9	44.3	465.2	612.1	672.1	524.5	44.4	52.9	95.6	2798.0	22.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	67.0	17.8	16.7	--	--	--	--	--	--	--	7.0	47.2	155.8	1.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	424.3	571.8	631.8	484.5	--	--	--	2112.3	16.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	116.4	61.5	64.1	44.9	44.3	465.2	612.1	672.1	524.5	44.4	52.9	95.6	2798.0	22.4	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	100.5	32.2	26.0	--	--	--	--	--	--	--	13.1	73.3	245.2	2.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	423.1	574.8	618.1	456.9	--	--	--	2072.8	16.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	149.9	75.9	73.4	44.9	44.3	464.0	615.1	658.4	496.9	44.4	58.9	121.7	2847.9	22.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	100.5	32.2	26.0	--	--	--	--	--	--	--	13.1	73.3	245.2	2.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	423.1	574.8	618.1	456.9	--	--	--	2072.8	16.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	149.9	75.9	73.4	44.9	44.3	464.0	615.1	658.4	496.9	44.4	58.9	121.7	2847.9	22.8	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	182.4	83.5	57.2	--	--	--	--	--	--	--	44.2	150.2	517.4	7.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	221.9	334.9	374.9	255.1	--	--	--	1186.9	16.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	231.8	127.2	104.5	44.9	44.3	262.9	375.2	415.2	295.1	44.4	90.0	198.6	2234.2	30.6
Energia útil proporcionada	Aquecimento	182.4	83.5	57.2	--	--	--	--	--	--	--	44.2	150.2	517.4	7.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	221.9	334.9	374.9	255.1	--	--	--	1186.9	16.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	231.8	127.2	104.5	44.9	44.3	262.9	375.2	415.2	295.1	44.4	90.0	198.6	2234.2	30.6	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	215.9	1.7	1386.2	10.6
floor 1	125.07	155.8	1.2	2112.3	16.9
floor 2	125.07	245.2	2.0	2072.8	16.6
floor 3	73.07	517.4	7.1	1186.9	16.2
	453.63	1134.3	2.5	6758.3	14.9

Consumo energético

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS, sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	4
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	4
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	4
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh-ano) (kWh/m ² -ano)	
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	102.1	24.8	9.1	--	--	--	--	--	--	--	5.5	135.1	276.6	0.6
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2418.5	2859.4	2567.3	2044.5	--	--	--	9889.7	21.8
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	299.7	199.6	198.6	179.5	177.4	2582.4	3020.6	2728.6	2204.5	177.4	188.9	328.7	12286.0	27.1

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	16.3	1.8	0.2	--	--	--	--	--	--	--	0.2	23.2	41.8	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	480.6	579.8	533.9	418.8	--	--	--	2013.0	15.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	65.7	45.5	47.6	44.9	44.3	521.5	620.1	574.2	458.8	44.4	46.0	71.6	2584.8	19.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	16.3	1.8	0.2	--	--	--	--	--	--	--	0.2	23.2	41.8	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	480.6	579.8	533.9	418.8	--	--	--	2013.0	15.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	65.7	45.5	47.6	44.9	44.3	521.5	620.1	574.2	458.8	44.4	46.0	71.6	2584.8	19.8	
floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	5.5	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.1	18.2	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	754.7	876.5	791.9	651.3	--	--	--	3074.4	24.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	54.9	44.3	47.4	44.9	44.3	795.7	916.9	832.2	691.3	44.4	45.9	60.5	3622.5	29.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	5.5	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.1	18.2	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	754.7	876.5	791.9	651.3	--	--	--	3074.4	24.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	54.9	44.3	47.4	44.9	44.3	795.7	916.9	832.2	691.3	44.4	45.9	60.5	3622.5	29.0	
floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	12.3	1.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22.2	35.8	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	761.6	888.9	783.8	630.3	--	--	--	3064.6	24.5
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	61.7	45.0	47.4	44.9	44.3	802.6	929.2	824.1	670.3	44.4	45.9	70.6	3630.3	29.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	12.3	1.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22.2	35.8	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	761.6	888.9	783.8	630.3	--	--	--	3064.6	24.5
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	61.7	45.0	47.4	44.9	44.3	802.6	929.2	824.1	670.3	44.4	45.9	70.6	3630.3	29.0	
floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	67.9	21.1	8.8	--	--	--	--	--	--	--	5.3	77.6	180.8	2.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	421.7	514.1	457.8	344.2	--	--	--	1737.7	23.8
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	117.3	64.8	56.2	44.9	44.3	462.6	554.4	498.1	384.2	44.4	51.2	126.0	2448.4	33.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	67.9	21.1	8.8	--	--	--	--	--	--	--	5.3	77.6	180.8	2.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	421.7	514.1	457.8	344.2	--	--	--	1737.7	23.8
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	117.3	64.8	56.2	44.9	44.3	462.6	554.4	498.1	384.2	44.4	51.2	126.0	2448.4	33.5	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

Consumo energético

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)		D_{ref} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)	
ground floor	130.42	41.8	0.3	2013.0	15.4
floor 1	125.07	18.2	0.1	3074.4	24.6
floor 2	125.07	35.8	0.3	3064.6	24.5
floor 3	73.07	180.8	2.5	1737.7	23.8
	453.63	276.6	0.6	9889.7	21.8

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan ($^{\circ}C$)	Fev ($^{\circ}C$)	Mar ($^{\circ}C$)	Abr ($^{\circ}C$)	Mai ($^{\circ}C$)	Jun ($^{\circ}C$)	Jul ($^{\circ}C$)	Ago ($^{\circ}C$)	Set ($^{\circ}C$)	Out ($^{\circ}C$)	Nov ($^{\circ}C$)	Dez ($^{\circ}C$)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} ($^{\circ}C$)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} (kWh/ $m^2\cdot ano$)	% $_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sis}$ (kWh/ $m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, $^{\circ}C$.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

% $_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	4
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	4
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	4
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh·ano) (kWh/m ² ·ano)	
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
Necessidade energética	Aquecimento	62.2	7.3	12.3	--	--	--	--	--	--	--	7.7	48.4	137.9	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2775.1	2983.4	2599.5	2410.2	--	--	--	10768.1	23.7
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	259.8	182.1	201.8	179.5	177.4	2939.0	3144.6	2760.7	2570.1	177.4	191.1	242.0	13025.6	28.7

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²·ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²·ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²·ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	8.4	0.2	1.0	--	--	--	--	--	--	--	0.5	6.0	16.2	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	555.3	606.5	541.2	501.6	--	--	--	2204.6	16.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	57.8	43.9	48.4	44.9	44.3	596.3	646.8	581.5	541.6	44.4	46.4	54.4	2750.7	21.1
Energia útil proporcionada	Aquecimento	8.4	0.2	1.0	--	--	--	--	--	--	--	0.5	6.0	16.2	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	555.3	606.5	541.2	501.6	--	--	--	2204.6	16.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	57.8	43.9	48.4	44.9	44.3	596.3	646.8	581.5	541.6	44.4	46.4	54.4	2750.7	21.1	
floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	1.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.5	3.2	0.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	857.4	910.9	800.7	752.4	--	--	--	3321.4	26.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	51.1	43.7	47.4	44.9	44.3	898.4	951.3	841.1	792.4	44.4	45.9	49.9	3854.6	30.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	1.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.5	3.2	0.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	857.4	910.9	800.7	752.4	--	--	--	3321.4	26.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	51.1	43.7	47.4	44.9	44.3	898.4	951.3	841.1	792.4	44.4	45.9	49.9	3854.6	30.8	
floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	5.7	0.3	0.5	--	--	--	--	--	--	--	0.0	4.2	10.8	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	868.4	925.8	793.1	736.3	--	--	--	3323.7	26.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	55.1	44.0	47.9	44.9	44.3	909.4	966.1	833.5	776.3	44.4	45.9	52.6	3864.4	30.9
Energia útil proporcionada	Aquecimento	5.7	0.3	0.5	--	--	--	--	--	--	--	0.0	4.2	10.8	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	868.4	925.8	793.1	736.3	--	--	--	3323.7	26.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	55.1	44.0	47.9	44.9	44.3	909.4	966.1	833.5	776.3	44.4	45.9	52.6	3864.4	30.9	
floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	46.3	6.8	10.8	--	--	--	--	--	--	--	7.1	36.7	107.7	1.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	493.9	540.2	464.4	419.8	--	--	--	1918.4	26.3
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	95.7	50.5	58.2	44.9	44.3	534.9	580.5	504.7	459.8	44.4	53.0	85.1	2556.0	35.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	46.3	6.8	10.8	--	--	--	--	--	--	--	7.1	36.7	107.7	1.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	493.9	540.2	464.4	419.8	--	--	--	1918.4	26.3
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	95.7	50.5	58.2	44.9	44.3	534.9	580.5	504.7	459.8	44.4	53.0	85.1	2556.0	35.0	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

Consumo energético

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)		D_{ref} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)	
ground floor	130.42	16.2	0.1	2204.6	16.9
floor 1	125.07	3.2	0.0	3321.4	26.6
floor 2	125.07	10.8	0.1	3323.7	26.6
floor 3	73.07	107.7	1.5	1918.4	26.3
	453.63	137.9	0.3	10768.1	23.7

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan ($^{\circ}C$)	Fev ($^{\circ}C$)	Mar ($^{\circ}C$)	Abr ($^{\circ}C$)	Mai ($^{\circ}C$)	Jun ($^{\circ}C$)	Jul ($^{\circ}C$)	Ago ($^{\circ}C$)	Set ($^{\circ}C$)	Out ($^{\circ}C$)	Nov ($^{\circ}C$)	Dez ($^{\circ}C$)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} ($^{\circ}C$)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} (kWh/ $m^2\cdot ano$)	% $_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sis}$ (kWh/ $m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, $^{\circ}C$.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

% $_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	4
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	4
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	4
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
Necessidade energética	Aquecimento	101.7	15.4	15.7	--	--	--	--	--	--	--	7.6	90.9	231.3	0.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2300.6	2892.4	2958.3	2027.6	--	--	--	10178.9	22.4
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	299.3	190.2	205.2	179.5	177.4	2464.5	3053.7	3119.5	2187.6	177.4	191.0	284.4	12529.8	27.6

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	16.1	0.7	1.9	--	--	--	--	--	--	--	0.4	13.6	32.7	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	453.8	589.6	622.7	417.0	--	--	--	2083.2	16.0
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	65.5	44.4	49.3	44.9	44.3	494.8	630.0	663.0	457.0	44.4	46.2	62.0	2645.8	20.3
Energia útil proporcionada	Aquecimento	16.1	0.7	1.9	--	--	--	--	--	--	--	0.4	13.6	32.7	0.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	453.8	589.6	622.7	417.0	--	--	--	2083.2	16.0
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	65.5	44.4	49.3	44.9	44.3	494.8	630.0	663.0	457.0	44.4	46.2	62.0	2645.8	20.3	
floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	5.7	0.3	0.0	--	--	--	--	--	--	--	--	5.9	11.8	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	721.6	884.2	899.7	644.5	--	--	--	3150.0	25.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	55.1	44.0	47.4	44.9	44.3	762.6	924.5	940.0	684.5	44.4	45.9	54.2	3691.7	29.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	5.7	0.3	0.0	--	--	--	--	--	--	--	--	5.9	11.8	0.1
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	721.6	884.2	899.7	644.5	--	--	--	3150.0	25.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	55.1	44.0	47.4	44.9	44.3	762.6	924.5	940.0	684.5	44.4	45.9	54.2	3691.7	29.5	
floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	12.7	0.6	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	13.1	27.3	0.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	727.2	897.1	897.3	624.6	--	--	--	3146.2	25.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	62.1	44.3	48.4	44.9	44.3	768.2	937.5	937.6	664.6	44.4	45.9	61.4	3703.5	29.6
Energia útil proporcionada	Aquecimento	12.7	0.6	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	13.1	27.3	0.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	727.2	897.1	897.3	624.6	--	--	--	3146.2	25.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	62.1	44.3	48.4	44.9	44.3	768.2	937.5	937.6	664.6	44.4	45.9	61.4	3703.5	29.6	
floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	67.3	13.8	12.7	--	--	--	--	--	--	--	7.2	58.3	159.4	2.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	397.9	521.4	538.6	341.5	--	--	--	1799.5	24.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	116.7	57.5	60.1	44.9	44.3	438.9	561.8	578.9	381.5	44.4	53.1	106.7	2488.8	34.1
Energia útil proporcionada	Aquecimento	67.3	13.8	12.7	--	--	--	--	--	--	--	7.2	58.3	159.4	2.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	397.9	521.4	538.6	341.5	--	--	--	1799.5	24.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	116.7	57.5	60.1	44.9	44.3	438.9	561.8	578.9	381.5	44.4	53.1	106.7	2488.8	34.1	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

Consumo energético

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)		D_{ref} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)	
ground floor	130.42	32.7	0.3	2083.2	16.0
floor 1	125.07	11.8	0.1	3150.0	25.2
floor 2	125.07	27.3	0.2	3146.2	25.2
floor 3	73.07	159.4	2.2	1799.5	24.6
	453.63	231.3	0.5	10178.9	22.4

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan ($^{\circ}C$)	Fev ($^{\circ}C$)	Mar ($^{\circ}C$)	Abr ($^{\circ}C$)	Mai ($^{\circ}C$)	Jun ($^{\circ}C$)	Jul ($^{\circ}C$)	Ago ($^{\circ}C$)	Set ($^{\circ}C$)	Out ($^{\circ}C$)	Nov ($^{\circ}C$)	Dez ($^{\circ}C$)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} ($^{\circ}C$)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} (kWh/ $m^2\cdot ano$)	% $_{AS}$ (%)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS, sis}$ (kWh/ $m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, $^{\circ}C$.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

% $_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS, sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSALIS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} ($kWh/m^2 \cdot ano$)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} ($kWh/m^2 \cdot ano$)
ground floor	130.42	215.94	1.66	1386.21	10.63
floor 1	125.07	155.79	1.25	2112.32	16.89
floor 2	125.07	245.16	1.96	2072.85	16.57
floor 3	73.07	517.4	7.08	1186.88	16.24
	453.63	1134.3	2.5	6758.26	14.9

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

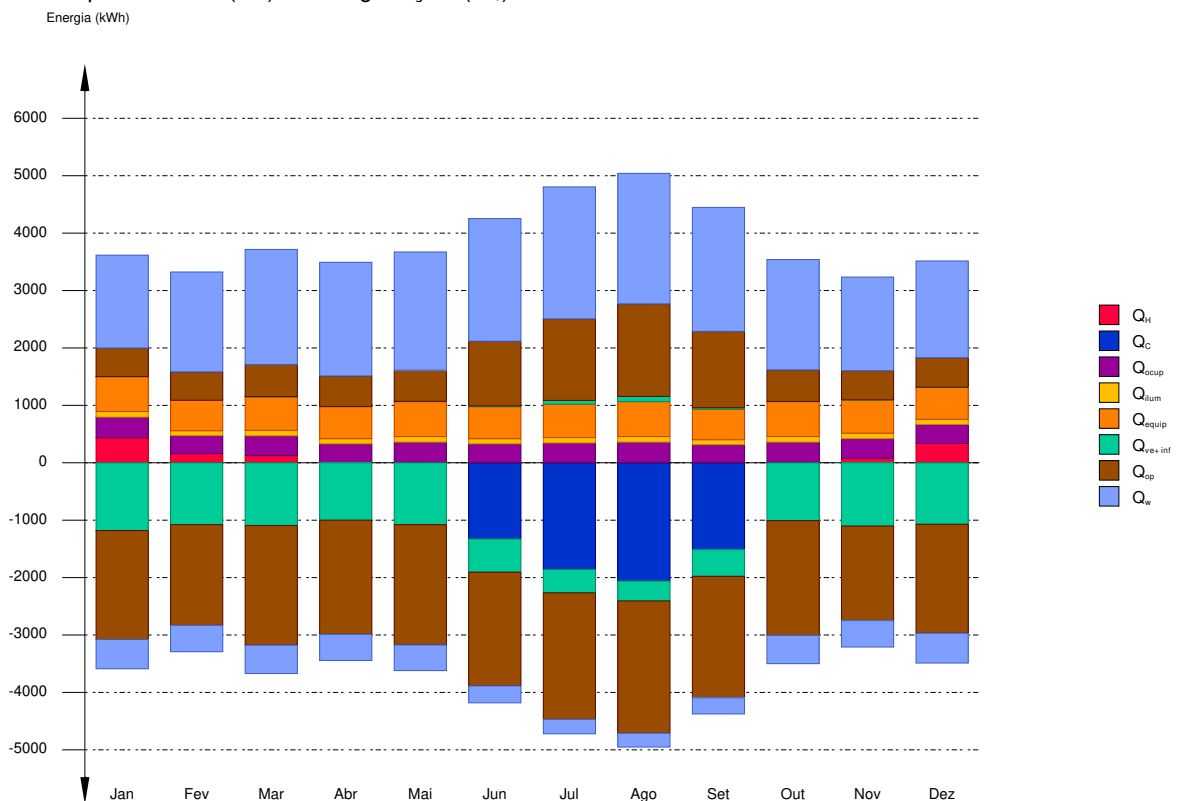
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	497.8	494.9	559.4	531.3	542.4	1125.9	1420.5	1612.8	1329.6	548.9	507.6	514.2	-14285.5	-31.49
Q_w	-1898.2	-1754.0	-2085.3	-1988.7	-2093.4	-1980.1	-2203.9	-2305.2	-2116.6	-1999.8	-1647.2	-1898.5	18596.6	40.99
Q_{ve+inf}	0.4	0.7	4.9	3.7	6.1	14.0	63.9	90.8	24.6	3.9	0.0	0.7	-10195.6	-22.48
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	435.7	159.5	125.6	--	--	--	--	--	--	--	77.5	336.0	1134.3	2.5
Q_C	--	--	--	--	--	-1325.3	-1860.4	-2059.7	-1512.9	--	--	--	-6758.26	-14.9
Q_{HC}	435.7	159.5	125.6	--	--	1325.3	1860.4	2059.7	1512.9	--	77.5	336.0	7892.56	17.4

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

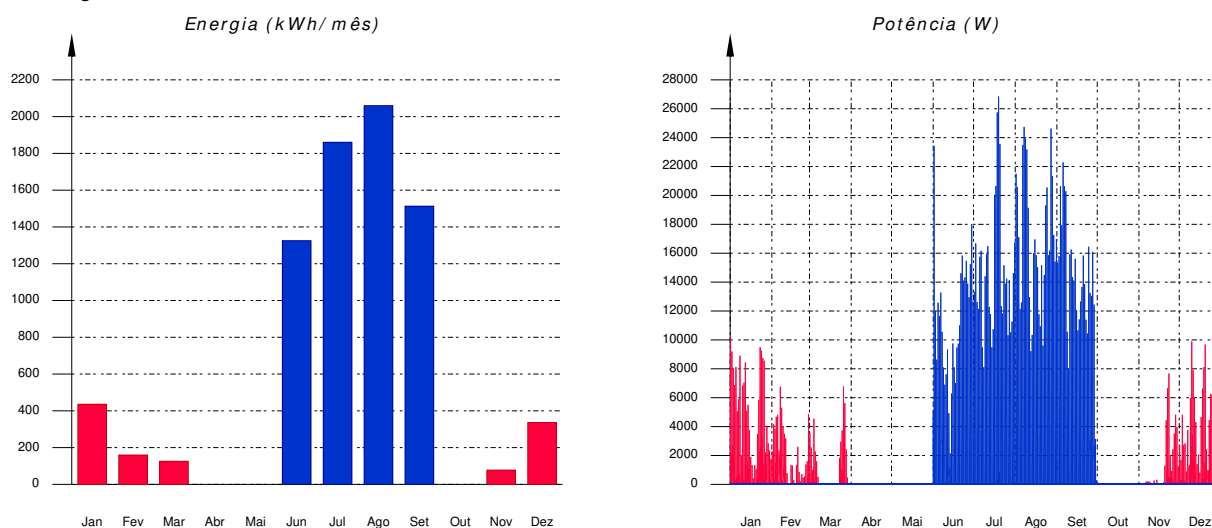
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

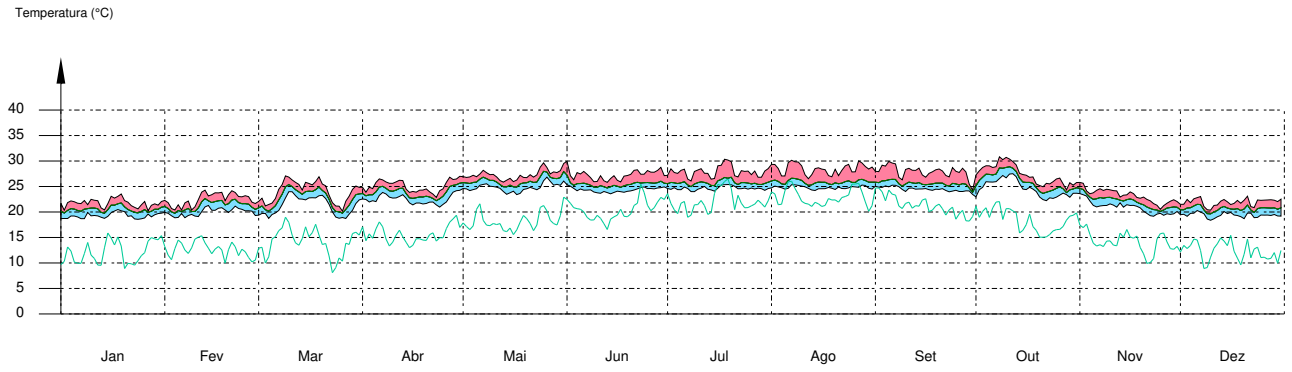


2.3.- Evolução da temperatura.

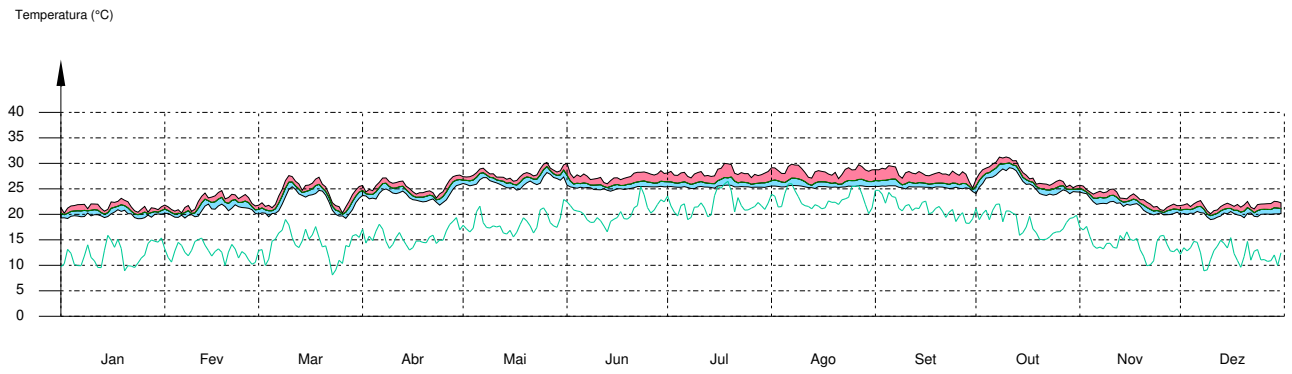
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

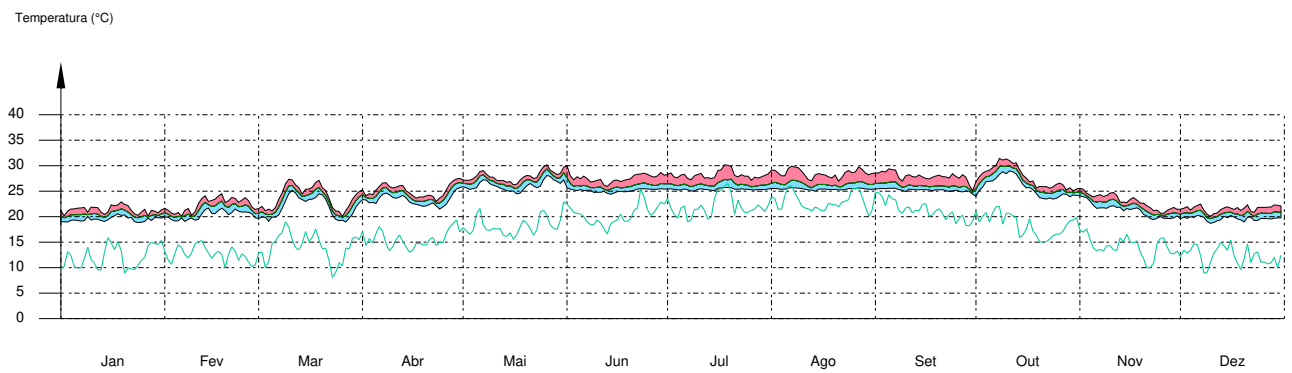
ground floor



floor 1

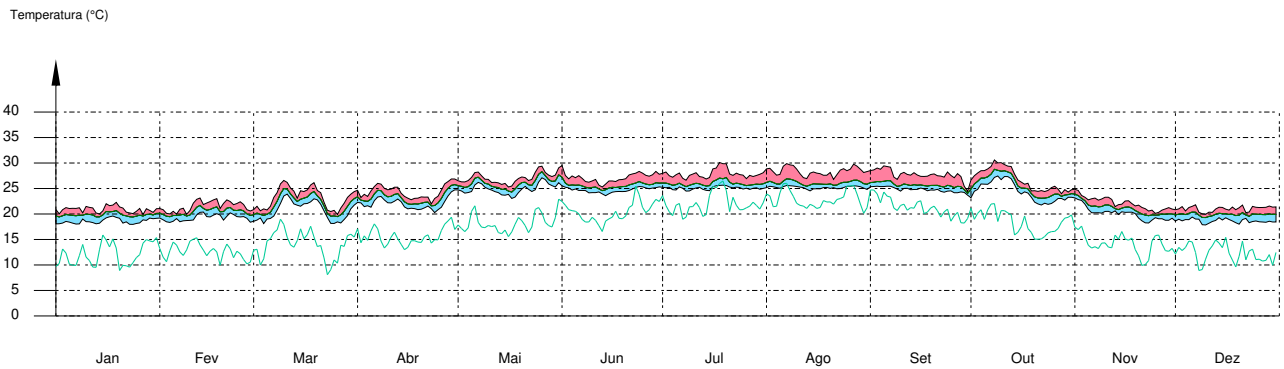


floor 2

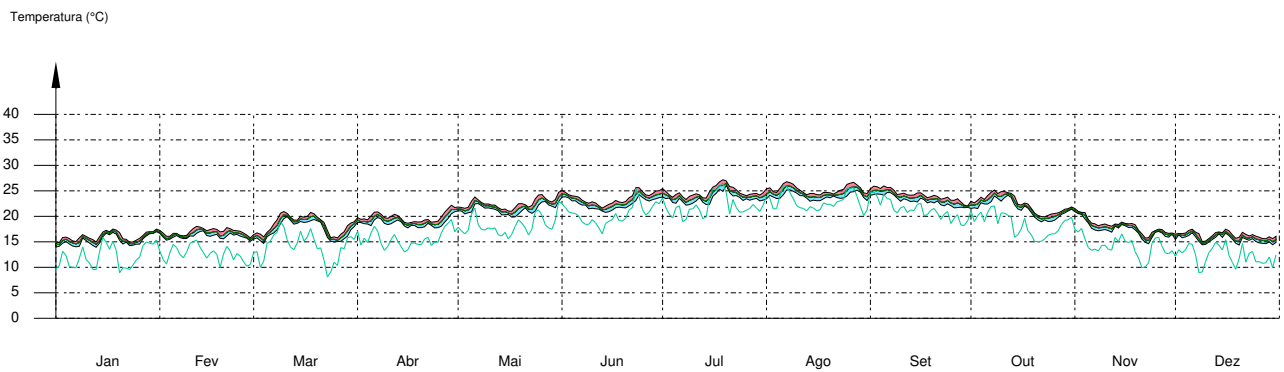


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	74.7	72.7	82.0	76.8	73.4	142.1	199.5	250.4	198.0	73.5	72.7	77.4	-4369.51	-33.5
Q _w	-468.9	-417.6	-505.1	-479.0	-514.2	-459.7	-505.4	-535.9	-489.5	-509.0	-415.2	-463.1	3744.89	28.71
Q _{ve+inf}	--	--	--	--	0.1	1.4	14.2	20.4	4.2	--	--	--	-2553.37	-19.58
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	85.8	26.0	25.7	--	--	--	--	--	--	--	13.2	65.3	215.94	1.66
Q _C	--	--	--	--	--	-256.1	-378.9	-435.0	-316.3	--	--	--	-1386.21	-10.63
Q _{HC}	85.8	26.0	25.7	--	--	256.1	378.9	435.0	316.3	--	13.2	65.3	1602.16	12.28

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	146.6	140.8	157.4	146.6	146.9	372.0	458.3	519.4	441.5	155.7	145.7	150.3	-3960.44	-31.67
	-498.1	-483.6	-594.4	-591.6	-613.9	-595.6	-671.9	-708.0	-652.6	-568.5	-455.2	-508.2		
Q_w	496.6	535.0	626.0	631.2	650.6	665.3	722.0	724.0	687.7	589.2	498.7	517.0	5834.35	46.65
	-155.7	-141.7	-152.4	-141.4	-138.0	-89.3	-76.0	-72.9	-85.5	-153.0	-143.6	-159.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	0.0	1.3	13.9	19.9	4.1	--	--	--	-2672.59	-21.37
	-305.2	-283.3	-287.2	-267.6	-288.6	-146.0	-97.9	-83.4	-116.1	-269.6	-291.7	-275.3		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{illum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	67.0	17.8	16.7	--	--	--	--	--	--	--	7.0	47.2	155.79	1.25
Q_C	--	--	--	--	--	-424.3	-571.8	-631.8	-484.5	--	--	--	-2112.32	-16.89
Q_{HC}	67.0	17.8	16.7	--	--	424.3	571.8	631.8	484.5	--	7.0	47.2	2268.12	18.13

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	130.5	130.4	147.9	139.3	143.5	370.2	460.7	505.0	413.3	149.7	135.5	136.0	-4008.88	-32.05
	-530.3	-509.9	-586.1	-556.1	-593.3	-588.7	-653.7	-663.3	-608.0	-574.2	-471.9	-535.4		
Q_w	498.8	544.8	601.0	585.5	626.3	658.6	705.3	678.6	639.8	591.6	503.7	518.8	5676.88	45.39
	-151.4	-137.7	-147.5	-136.9	-136.6	-89.1	-76.1	-72.7	-84.9	-150.2	-138.5	-154.3		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	0.0	1.3	13.4	19.5	4.1	0.0	--	--	-2605.98	-20.84
	-298.6	-275.7	-276.3	-255.3	-283.6	-145.9	-98.6	-82.7	-113.8	-263.7	-281.8	-268.3		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{illum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	100.5	32.2	26.0	--	--	--	--	--	--	--	13.1	73.3	245.16	1.96
Q_C	--	--	--	--	--	-423.1	-574.8	-618.1	-456.9	--	--	--	-2072.85	-16.57
Q_{HC}	100.5	32.2	26.0	--	--	423.1	574.8	618.1	456.9	--	13.1	73.3	2318.01	18.53

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	56.6	64.1	76.1	78.4	82.4	172.8	240.2	281.8	215.2	81.6	65.5	59.9	-2878.18	-39.39
	-400.8	-342.7	-397.1	-360.4	-368.7	-330.7	-363.7	-385.1	-360.8	-346.3	-304.9	-391.7		
Q_w	281.7	301.9	366.0	368.2	376.8	389.0	420.8	420.7	393.3	343.7	285.9	293.6	3340.45	45.71
	-93.7	-82.5	-89.5	-82.8	-83.6	-57.1	-48.7	-46.7	-53.8	-88.1	-80.6	-94.2		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	0.2	0.9	8.4	12.6	2.6	0.0	--	--	-1432.2	-19.6
	-175.4	-153.2	-152.0	-135.4	-150.6	-81.6	-54.7	-45.8	-63.5	-136.4	-152.3	-155.8		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{illum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	182.4	83.5	57.2	--	--	--	--	--	--	--	44.2	150.2	517.4	7.08
Q_C	--	--	--	--	--	-221.9	-334.9	-374.9	-255.1	--	--	--	-1186.88	-16.24
Q_{HC}	182.4	83.5	57.2	--	--	221.9	334.9	374.9	255.1	--	44.2	150.2	1704.28	23.32

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	89.4	86.9	96.0	90.3	96.2	68.8	61.7	56.3	61.7	88.4	88.2	90.5	931.48	31.3
	-0.1	-0.1	-2.6	-1.7	-3.4	-5.4	-9.2	-12.9	-5.6	-1.8	--	-0.2		
Q_{ve+inf}	0.4	0.7	4.9	3.7	5.8	9.1	14.0	18.5	9.6	3.8	0.0	0.7	-931.46	-31.3
	-89.2	-87.7	-97.8	-91.9	-98.2	-72.5	-66.6	-61.9	-66.2	-90.5	-89.1	-91.2		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{illum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSALIS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ $m^2 \cdot$ ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ $m^2 \cdot$ ano)
ground floor	130.42	41.81	0.32	2013.03	15.44
floor 1	125.07	18.15	0.15	3074.39	24.58
floor 2	125.07	35.8	0.29	3064.61	24.5
floor 3	73.07	180.81	2.47	1737.7	23.78
	453.63	276.58	0.61	9889.72	21.8

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

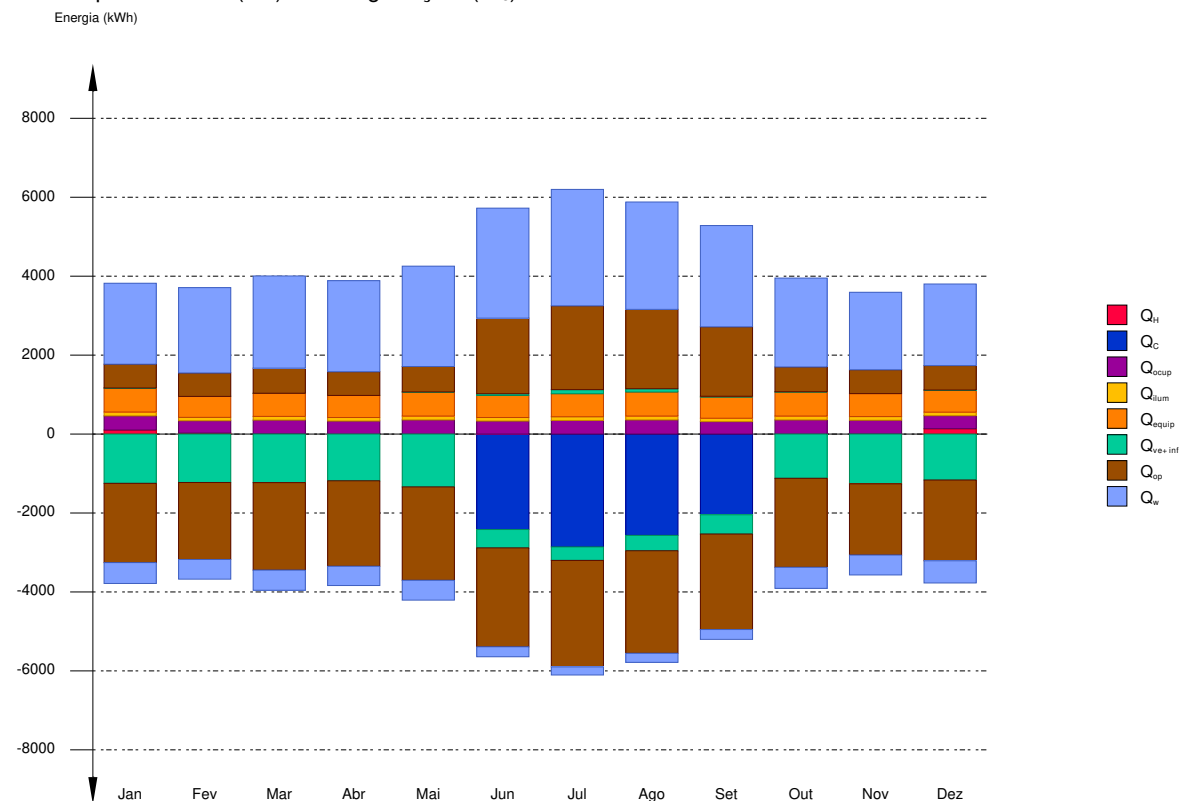
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ $m^2 \cdot$ ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ $m^2 \cdot$ ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balço energético anual do edifício.														
Q_{op}	602.5	593.4	635.6	601.1	643.6	1915.6	2123.8	2011.3	1759.2	627.3	604.2	619.2	-14299.7	-31.52
Q_w	-2008.0	-1950.8	-2216.8	-2166.3	-2366.2	-2505.8	-2698.5	-2598.5	-2419.7	-2255.4	-1804.7	-2045.6	23640.1	52.11
Q_{ve+inf}	0.4	0.6	3.1	1.7	3.2	44.4	103.1	83.0	23.5	7.9	--	0.9	-11187	-24.66
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	102.1	24.8	9.1	--	--	--	--	--	--	--	5.5	135.1	276.58	0.61
Q_C	--	--	--	--	--	-2418.5	-2859.4	-2567.3	-2044.5	--	--	--	-9889.72	-21.8
Q_{HC}	102.1	24.8	9.1	--	--	2418.5	2859.4	2567.3	2044.5	--	5.5	135.1	10166.3	22.41

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

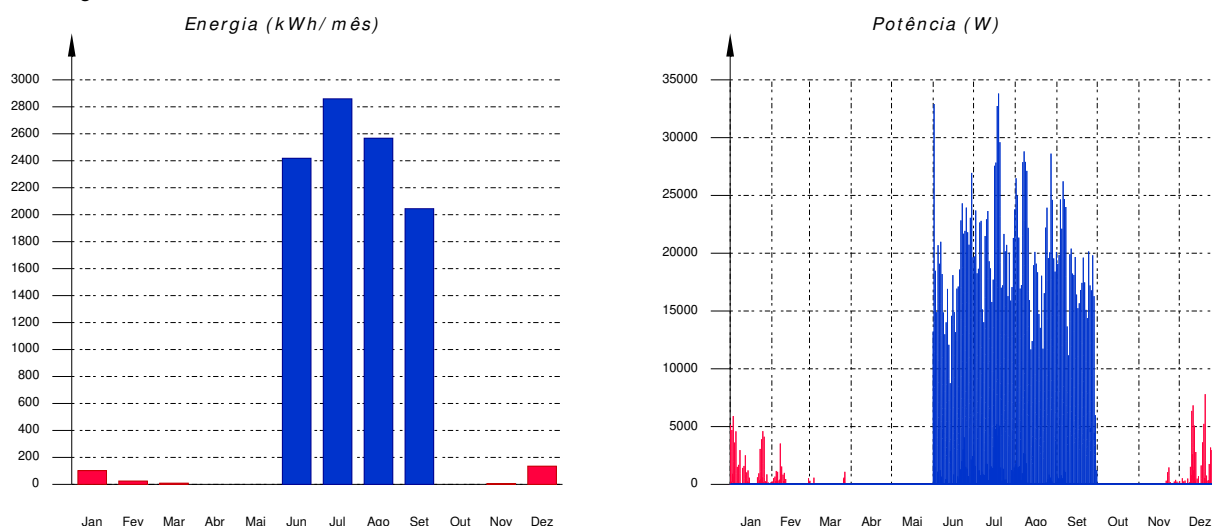
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

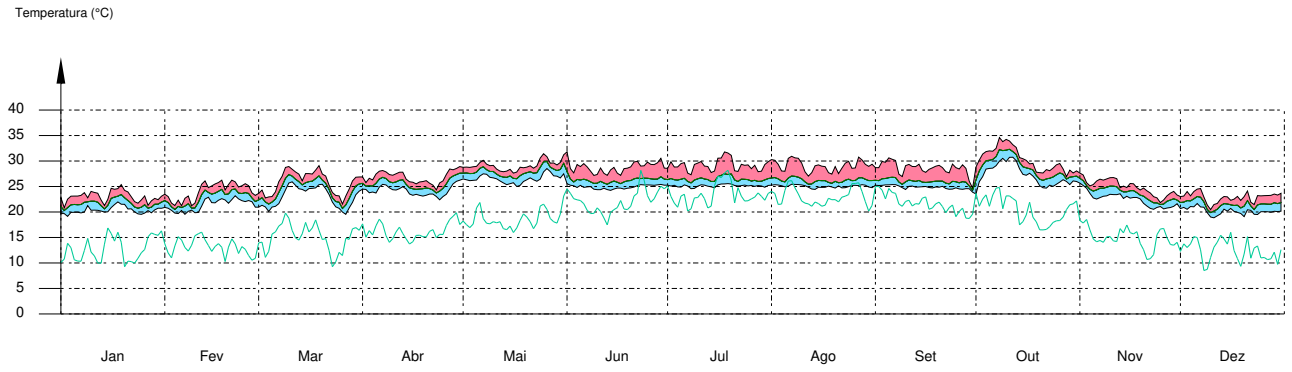


2.3.- Evolução da temperatura.

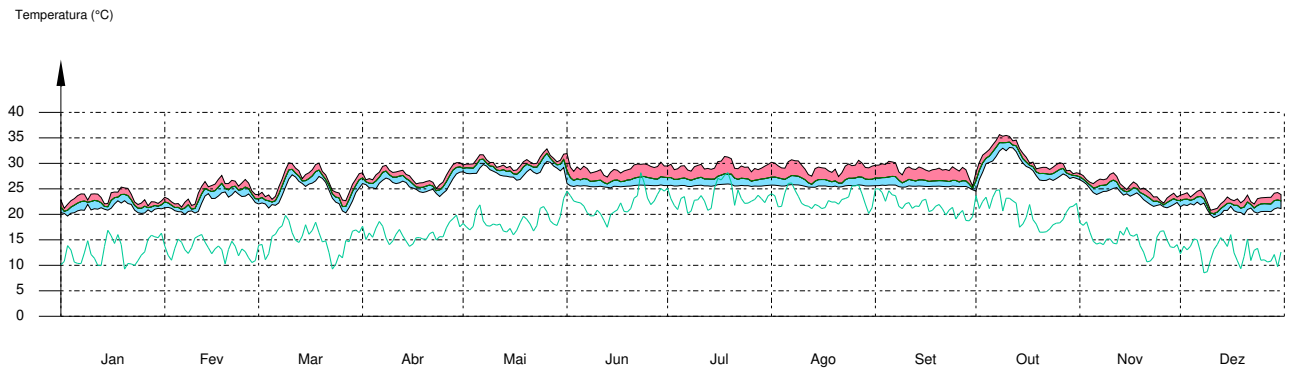
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

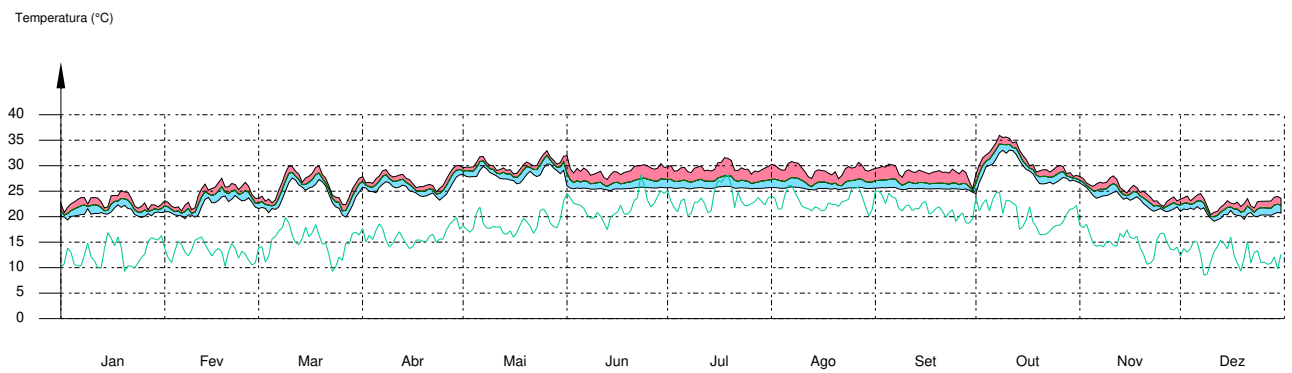
ground floor



floor 1



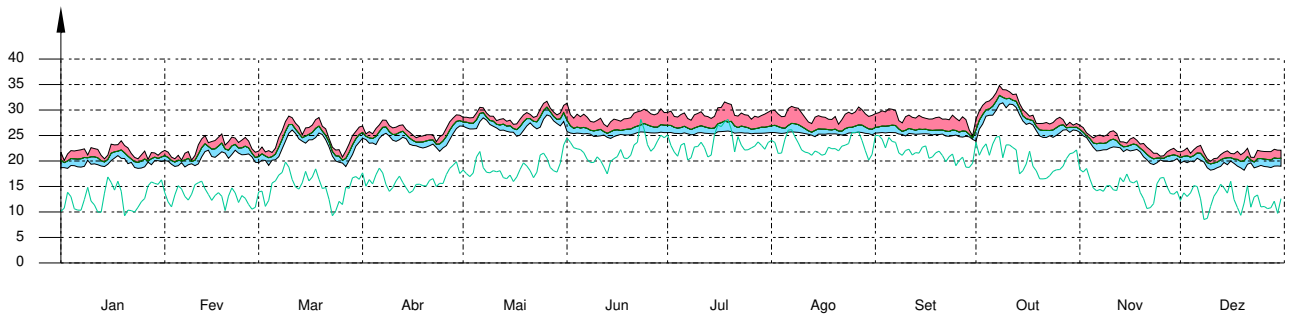
floor 2



Necessidade energética

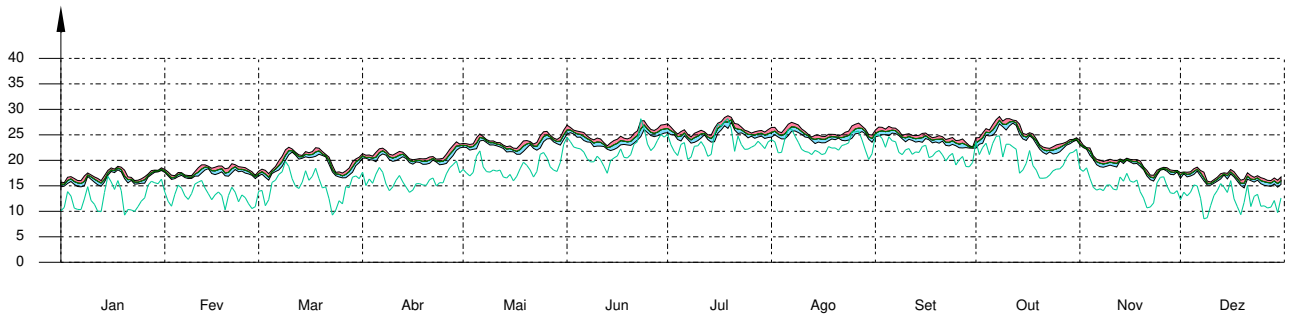
floor 3

Temperatura (°C)



unheated

Temperatura (°C)



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m²·ano)	
ground floor ($A_t = 130.42 \text{ m}^2$; $V = 445.29 \text{ m}^3$)														
Q_{op}	86.8	84.1	89.3	82.6	83.6	295.6	340.0	324.4	275.9	78.8	80.7	90.6	-4265.91	-32.71
	-471.5	-434.9	-510.3	-497.4	-545.4	-559.0	-599.1	-580.5	-532.1	-549.2	-427.7	-471.2		
Q_w	417.8	424.8	461.1	447.9	486.1	545.4	567.7	526.2	503.1	450.6	395.7	419.1	4616.57	35.4
	-112.1	-103.8	-104.6	-98.4	-97.9	-50.7	-40.1	-45.1	-49.1	-103.6	-104.1	-119.2		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	8.5	24.9	19.2	4.6	0.6	--	--	-2713.93	-20.81
	-324.3	-308.9	-304.0	-286.1	-311.6	-100.8	-68.4	-80.4	-108.2	-262.3	-317.8	-299.0		
Q_{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q_{lum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q_{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q_H	16.3	1.8	0.2	--	--	--	--	--	--	--	0.2	23.2	41.81	0.32
Q_C	--	--	--	--	--	-480.6	-579.8	-533.9	-418.8	--	--	--	-2013.03	-15.44
Q_{HC}	16.3	1.8	0.2	--	--	480.6	579.8	533.9	418.8	--	0.2	23.2	2054.84	15.76

floor 1 ($A_t = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 443.9 \text{ m}^3$)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	176.2	168.7	177.3	164.3	173.4	608.6	666.4	638.6	573.1	177.3	173.1	180.1	-4333.05	-34.64
	-578.9	-586.3	-671.6	-666.1	-722.1	-768.7	-836.8	-814.3	-766.4	-667.9	-536.7	-594.5		
Q_w	646.3	688.5	749.6	750.1	821.4	881.9	943.4	881.6	835.4	712.9	622.5	655.3	7614.26	60.88
	-165.1	-156.2	-159.7	-152.0	-155.9	-76.3	-62.1	-69.7	-76.2	-166.8	-159.1	-175.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	8.2	24.3	18.5	4.4	0.6	--	--	-2970.55	-23.75
	-331.2	-330.1	-329.3	-318.8	-361.3	-112.8	-79.8	-93.7	-122.3	-301.7	-339.9	-305.6		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	5.5	0.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	12.1	18.15	0.15
Q_C	--	--	--	--	--	-754.7	-876.5	-791.9	-651.3	--	--	--	-3074.39	-24.58
Q_{HC}	5.5	0.6	--	--	--	754.7	876.5	791.9	651.3	--	--	12.1	3092.54	24.73

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	162.5	159.2	169.1	158.4	171.3	614.2	676.3	629.7	552.2	173.8	163.1	165.7	-4255.55	-34.03
	-592.1	-600.1	-652.4	-630.0	-697.5	-757.1	-813.3	-767.9	-720.4	-666.0	-545.5	-608.7		
Q_w	648.8	697.0	722.9	706.0	794.9	873.5	925.1	835.7	787.1	710.4	625.8	657.1	7439.31	59.48
	-159.4	-151.8	-155.4	-148.8	-155.5	-76.5	-62.5	-69.8	-75.9	-165.8	-154.3	-169.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	7.9	23.5	18.0	4.3	0.6	--	--	-2908.22	-23.25
	-320.4	-320.9	-318.5	-308.9	-358.3	-114.1	-81.6	-93.7	-121.1	-299.2	-329.8	-296.0		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	12.3	1.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	22.2	35.8	0.29
Q_C	--	--	--	--	--	-761.6	-888.9	-783.8	-630.3	--	--	--	-3064.61	-24.5
Q_{HC}	12.3	1.3	--	--	--	761.6	888.9	783.8	630.3	--	--	22.2	3100.41	24.79

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	77.5	80.2	89.4	88.0	96.5	327.4	379.2	354.2	291.6	94.7	83.0	79.2	-2515.56	-34.43
	-365.3	-329.3	-381.4	-372.3	-399.7	-411.8	-439.0	-425.5	-397.0	-369.5	-294.8	-371.0		
Q_w	338.4	351.8	402.2	402.0	440.0	486.2	513.0	476.7	440.1	378.4	318.9	335.5	3969.98	54.33
	-92.3	-86.7	-90.6	-88.1	-93.1	-49.0	-39.8	-44.5	-47.9	-96.5	-86.5	-98.2		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	5.2	14.6	11.5	2.7	0.6	--	--	-1524.12	-20.86
	-173.2	-165.0	-166.5	-161.4	-187.8	-62.8	-44.5	-51.0	-66.0	-152.7	-167.8	-160.0		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	67.9	21.1	8.8	--	--	--	--	--	--	--	5.3	77.6	180.81	2.47
Q_C	--	--	--	--	--	-421.7	-514.1	-457.8	-344.2	--	--	--	-1737.7	-23.78
Q_{HC}	67.9	21.1	8.8	--	--	421.7	514.1	457.8	344.2	--	5.3	77.6	1918.51	26.26

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	99.4	101.2	110.5	107.8	118.7	69.7	62.0	64.3	66.5	102.7	104.3	103.6	1070.38	35.96
	-0.1	-0.1	-1.2	-0.5	-1.4	-9.3	-10.4	-10.4	-3.9	-2.9	--	-0.2		
Q_{ve+inf}	0.4	0.6	3.1	1.7	3.2	14.6	15.7	15.8	7.5	5.5	--	0.9	-1070.2	-35.96
	-99.2	-101.8	-111.7	-108.6	-120.1	-74.9	-67.4	-69.9	-70.6	-105.0	-105.4	-104.4		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	16.17	0.12	2204.62	16.9
floor 1	125.07	3.22	0.03	3321.45	26.56
floor 2	125.07	10.76	0.09	3323.69	26.57
floor 3	73.07	107.71	1.47	1918.36	26.25
	453.63	137.86	0.3	10768.1	23.74

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

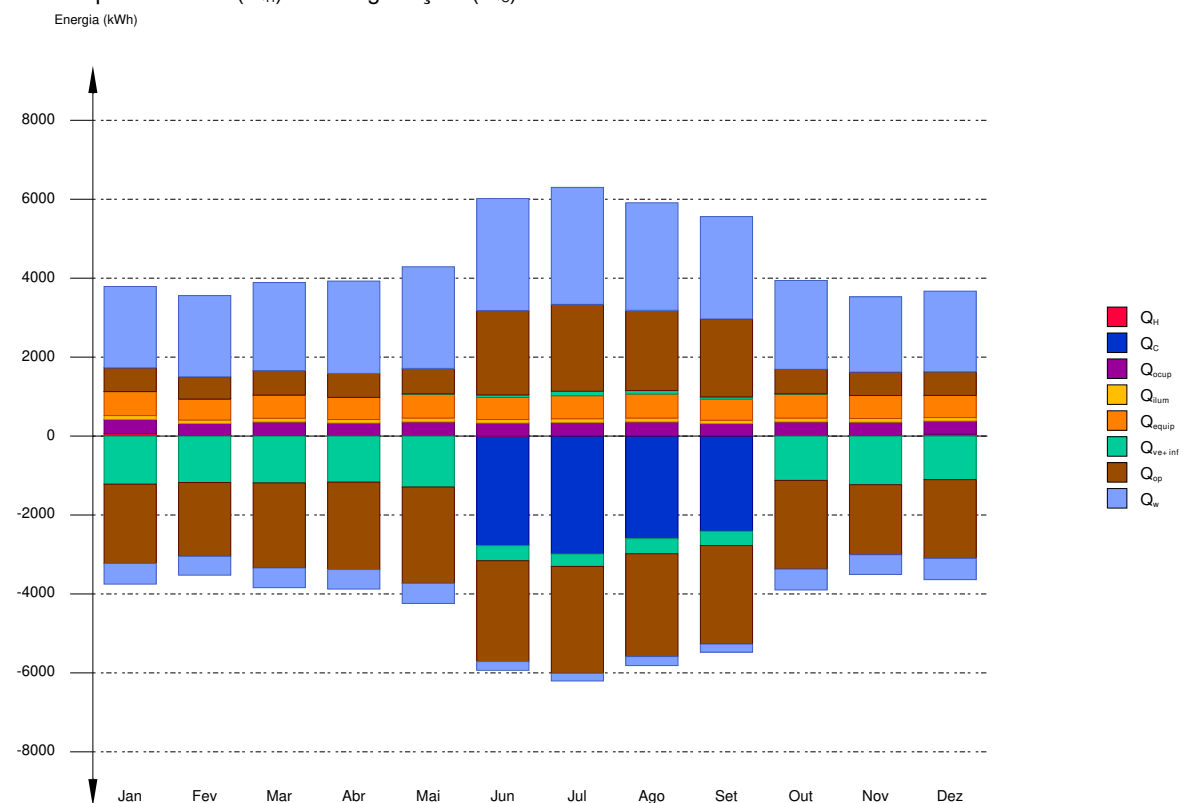
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balço energético anual do edifício.														
Q_{op}	599.7	564.2	620.5	607.3	644.6	2138.7	2200.0	2032.9	1975.0	619.9	592.8	598.6	-13876.2	-30.59
Q_w	-2007.4	-1871.7	-2153.3	-2214.4	-2440.1	-2555.2	-2710.2	-2605.8	-2495.2	-2246.5	-1773.4	-1997.6	23670.3	52.18
Q_{ve+inf}	0.6	0.6	4.0	2.7	4.9	64.8	114.2	88.5	57.0	5.8	--	1.3	-10607.1	-23.38
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	62.2	7.3	12.3	--	--	--	--	--	--	--	7.7	48.4	137.86	0.3
Q_C	--	--	--	--	--	-2775.1	-2983.4	-2599.5	-2410.2	--	--	--	-10768.1	-23.74
Q_{HC}	62.2	7.3	12.3	--	--	2775.1	2983.4	2599.5	2410.2	--	7.7	48.4	10906	24.04

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

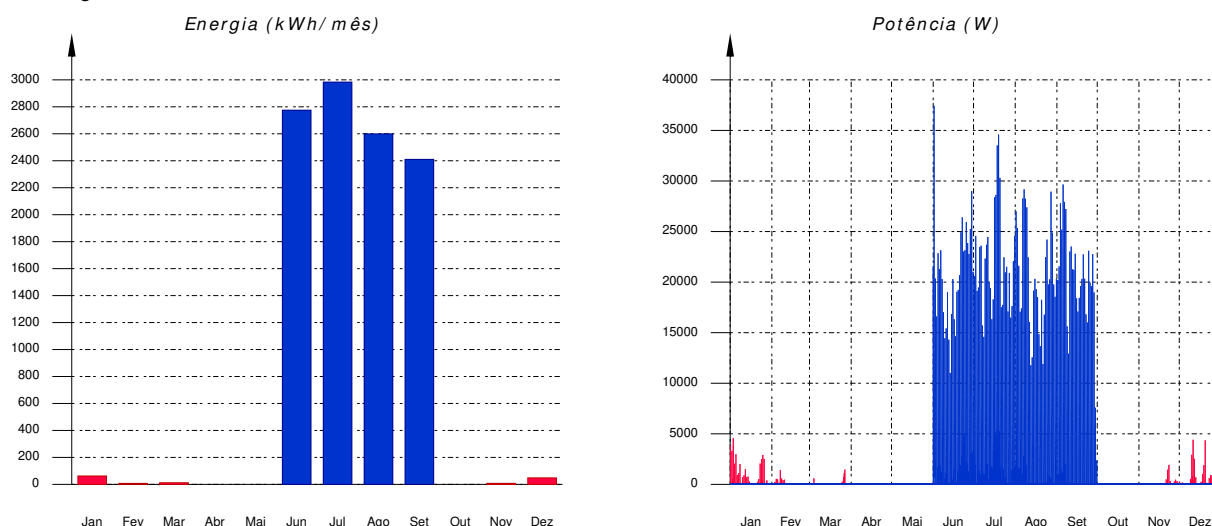
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

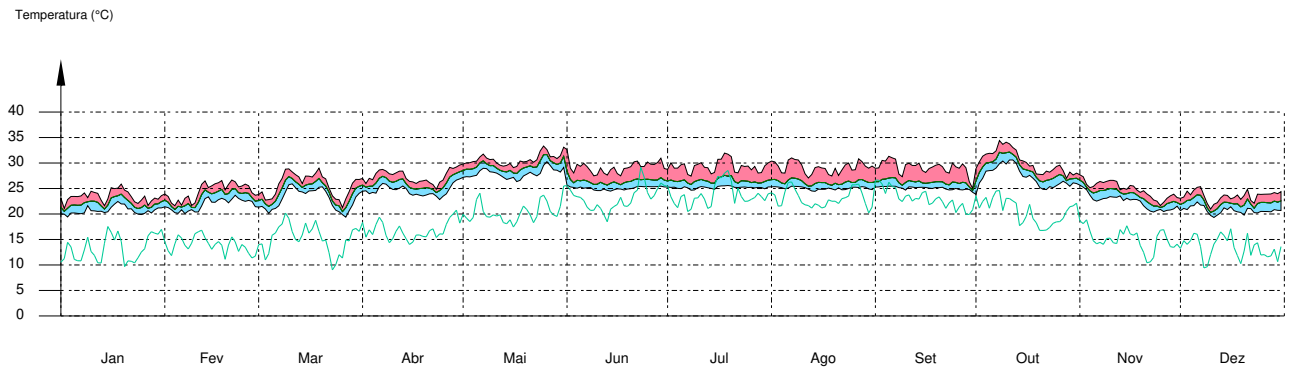


2.3.- Evolução da temperatura.

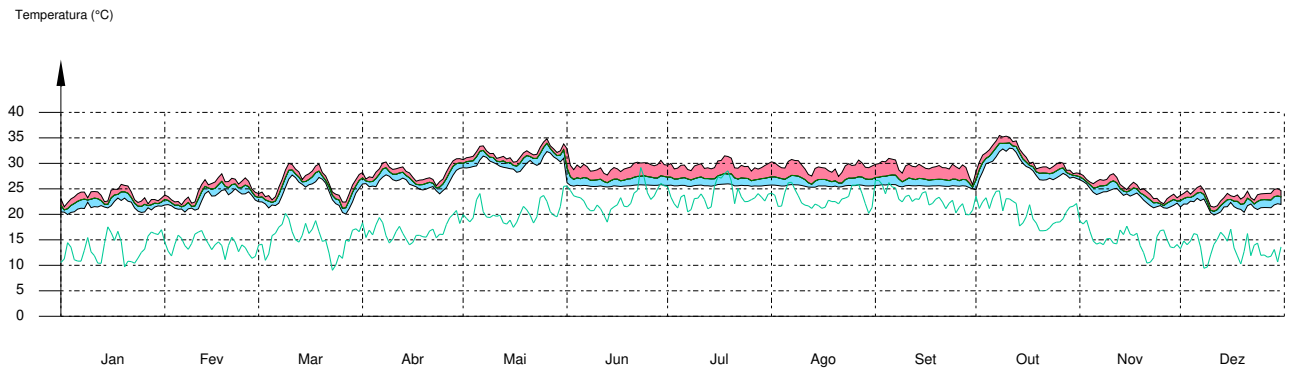
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

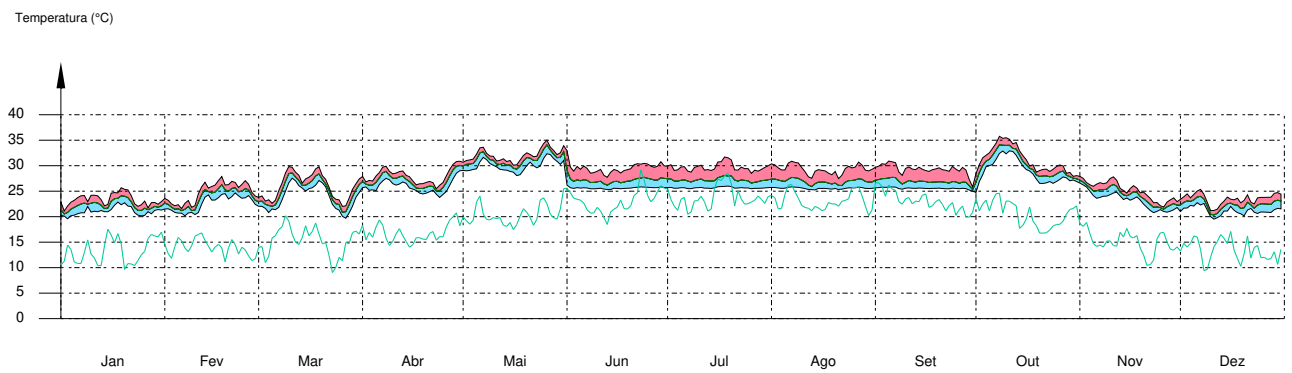
ground floor



floor 1

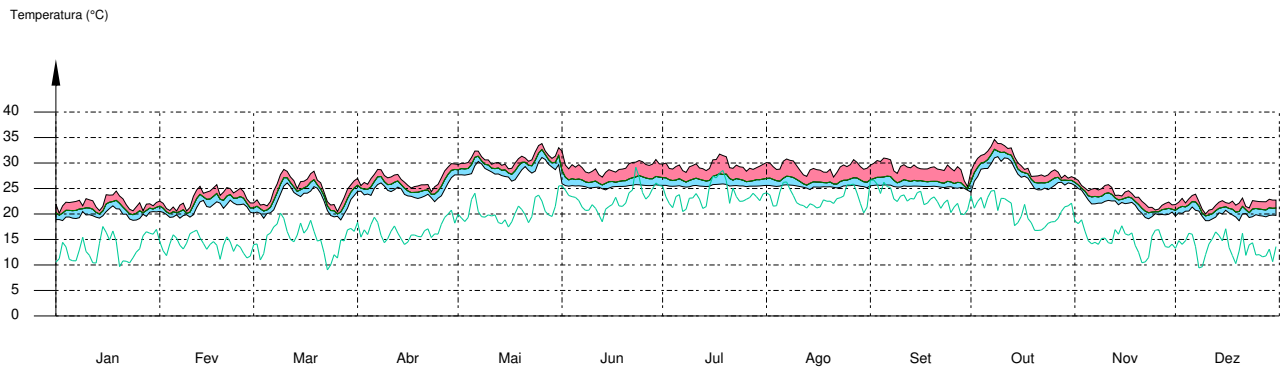


floor 2

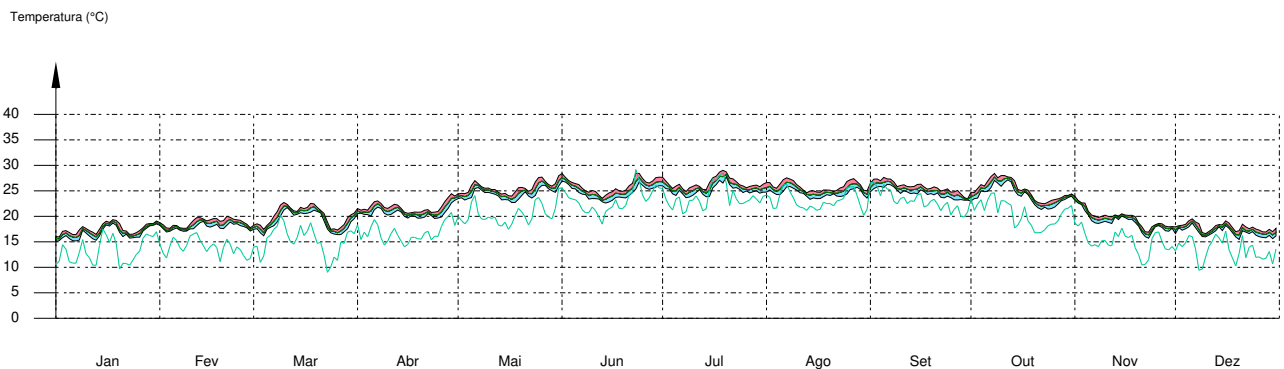


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor ($A_t = 130.42 \text{ m}^2$; $V = 445.29 \text{ m}^3$)														
Q_{op}	85.9	78.8	87.3	83.2	82.0	343.5	356.8	329.2	324.6	77.6	79.6	86.4	-4214.5	-32.32
	-473.5	-426.4	-502.9	-508.5	-567.3	-574.0	-604.2	-582.5	-553.0	-547.0	-423.7	-466.5		
Q_w	420.1	405.7	443.0	453.6	492.1	554.5	571.5	527.2	510.3	450.2	384.9	414.8	4632.97	35.52
	-110.9	-98.8	-103.0	-99.4	-97.7	-44.0	-37.4	-44.7	-39.4	-102.8	-103.2	-113.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	0.0	13.9	28.0	20.6	12.8	0.3	--	--	-2558.99	-19.62
	-316.6	-296.2	-293.6	-280.1	-293.9	-79.6	-62.6	-78.5	-76.4	-263.5	-311.2	-282.5		
Q_{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q_{lum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q_{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q_H	8.4	0.2	1.0	--	--	--	--	--	--	--	0.5	6.0	16.17	0.12
Q_C	--	--	--	--	--	-555.3	-606.5	-541.2	-501.6	--	--	--	-2204.62	-16.9
Q_{HC}	8.4	0.2	1.0	--	--	555.3	606.5	541.2	501.6	--	0.5	6.0	2220.79	17.03

floor 1 ($A_t = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 443.9 \text{ m}^3$)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	175.4	159.6	172.7	166.2	174.2	672.1	686.1	644.3	633.0	175.6	169.5	173.0	-4219.52	-33.74
	-583.3	-562.5	-647.1	-681.4	-744.1	-782.2	-839.2	-816.2	-786.4	-665.6	-525.0	-588.4		
Q_w	648.9	654.9	713.9	761.9	832.9	897.9	947.5	882.8	842.8	712.7	604.7	646.7	7616.31	60.9
	-164.2	-149.6	-156.8	-154.2	-157.9	-67.1	-58.4	-69.3	-62.7	-165.7	-157.3	-168.3		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	13.5	27.3	19.8	12.5	0.4	--	--	-2821	-22.56
	-325.4	-317.2	-316.4	-314.7	-349.0	-90.5	-73.3	-91.6	-89.0	-303.1	-332.2	-292.1		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	1.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.5	3.22	0.03
Q_C	--	--	--	--	--	-857.4	-910.9	-800.7	-752.4	--	--	--	-3321.45	-26.56
Q_{HC}	1.7	--	--	--	--	857.4	910.9	800.7	752.4	--	--	1.5	3324.67	26.58

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	162.1	150.8	164.3	160.7	173.4	681.2	698.1	635.9	617.3	172.1	159.7	160.9	-4112.67	-32.88
	-594.7	-574.8	-630.2	-643.5	-716.5	-769.1	-815.0	-769.6	-740.0	-663.7	-533.8	-598.1		
Q_w	651.6	662.2	689.5	716.4	805.1	889.3	929.1	837.0	795.0	710.2	607.9	648.6	7438.58	59.47
	-158.3	-145.4	-152.6	-151.1	-158.3	-67.4	-58.7	-69.4	-62.6	-164.7	-152.6	-162.3		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	12.9	26.4	19.4	12.3	0.4	--	--	-2762.48	-22.09
	-314.2	-308.3	-305.9	-305.3	-348.3	-92.2	-75.2	-91.7	-88.6	-300.6	-322.0	-281.5		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	5.7	0.3	0.5	--	--	--	--	--	--	--	0.0	4.2	10.76	0.09
Q_C	--	--	--	--	--	-868.4	-925.8	-793.1	-736.3	--	--	--	-3323.69	-26.57
Q_{HC}	5.7	0.3	0.5	--	--	868.4	925.8	793.1	736.3	--	0.0	4.2	3334.45	26.66

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	79.2	77.4	87.5	89.7	98.4	377.2	397.6	359.2	342.6	93.5	81.6	79.2	-2360.11	-32.3
	-355.7	-307.9	-371.3	-380.0	-409.6	-419.3	-441.0	-426.7	-408.6	-367.9	-290.8	-344.2		
Q_w	340.8	335.4	384.2	407.9	445.0	495.0	515.6	477.5	445.3	378.1	309.9	332.9	3982.47	54.5
	-90.6	-82.3	-89.1	-89.8	-95.3	-43.1	-37.5	-44.3	-39.3	-95.7	-85.7	-92.5		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	0.0	8.4	16.4	12.4	7.5	0.3	--	--	-1434.28	-19.63
	-166.7	-156.9	-160.2	-159.3	-182.3	-50.5	-41.2	-49.9	-47.4	-153.4	-164.1	-147.5		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	46.3	6.8	10.8	--	--	--	--	--	--	--	7.1	36.7	107.71	1.47
Q_C	--	--	--	--	--	-493.9	-540.2	-464.4	-419.8	--	--	--	-1918.36	-26.25
Q_{HC}	46.3	6.8	10.8	--	--	493.9	540.2	464.4	419.8	--	7.1	36.7	2026.07	27.73

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	97.1	97.7	108.7	107.5	116.6	64.8	61.4	64.4	57.5	101.2	102.3	99.1	1030.64	34.63
	-0.2	-0.1	-1.9	-0.9	-2.5	-10.6	-10.7	-10.8	-7.3	-2.2	--	-0.4		
Q_{ve+inf}	0.6	0.6	4.0	2.7	4.9	16.1	16.1	16.3	11.8	4.4	--	1.3	-1030.36	-34.62
	-96.9	-98.3	-110.3	-108.7	-118.3	-70.4	-66.9	-70.2	-62.4	-103.3	-103.4	-100.0		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ilum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSALIS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	32.66	0.25	2083.21	15.97
floor 1	125.07	11.82	0.09	3149.99	25.19
floor 2	125.07	27.35	0.22	3146.21	25.16
floor 3	73.07	159.42	2.18	1799.46	24.63
	453.63	231.25	0.51	10178.9	22.44

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

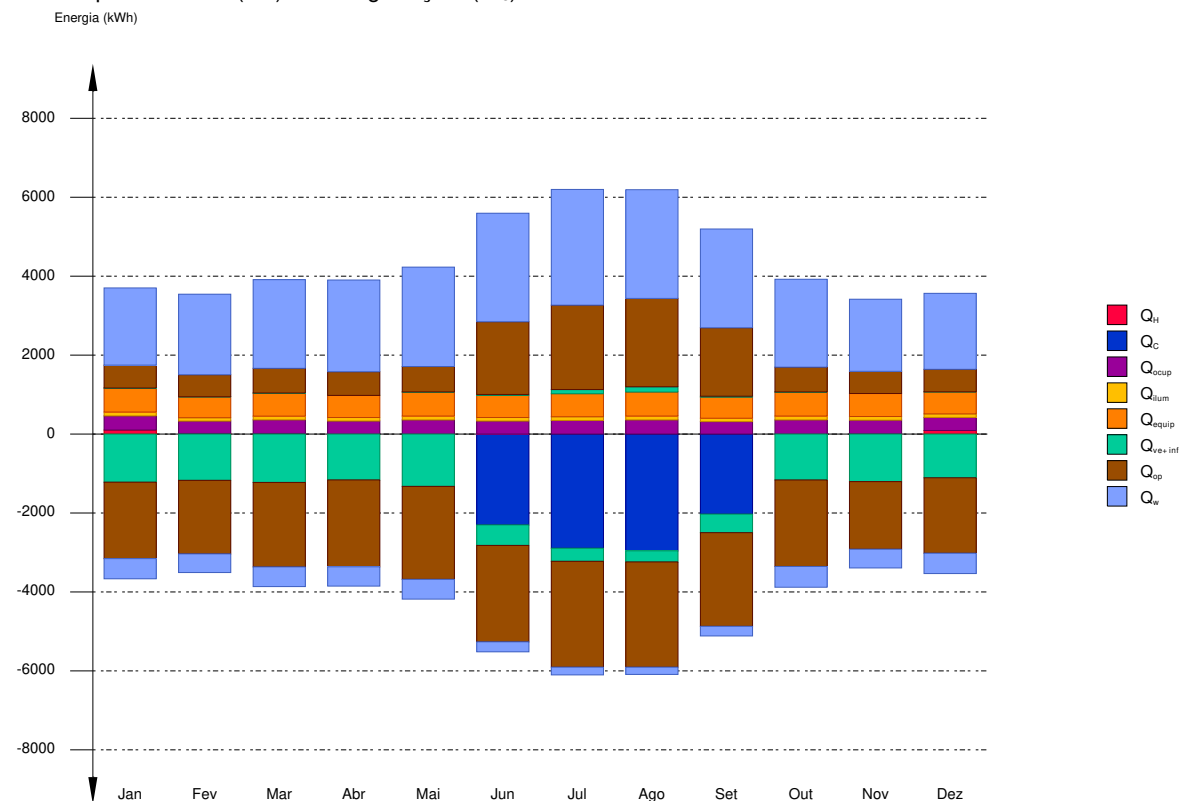
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	579.7	558.5	624.3	600.2	642.7	1842.7	2138.4	2239.0	1734.2	626.6	562.0	569.4	-13759.5	-30.33
Q_w	-1936.6	-1863.0	-2140.1	-2200.8	-2355.5	-2443.1	-2682.1	-2667.1	-2373.2	-2191.5	-1712.5	-1911.6	23137.3	51
Q_{ve+inf}	0.4	0.6	2.9	2.5	3.6	26.5	105.2	132.9	24.5	3.3	--	0.4	-10881.7	-23.99
Q_{equip}	-1219.2	-1172.7	-1225.4	-1162.2	-1325.4	-520.5	-331.6	-281.4	-470.4	-1163.1	-1204.9	-1107.5	6920.83	15.26
Q_{illum}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	4088.64	9.01
Q_H	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	231.25	0.51
Q_C	101.7	15.4	15.7	--	--	--	--	--	--	--	7.6	90.9	-10178.9	-22.44
Q_{HC}	--	--	--	--	--	-2300.6	-2892.4	-2958.3	-2027.6	--	--	--	10410.1	22.95
Q_{HC}	101.7	15.4	15.7	--	--	2300.6	2892.4	2958.3	2027.6	--	7.6	90.9		

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²-ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²-ano.

Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²-ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²-ano.

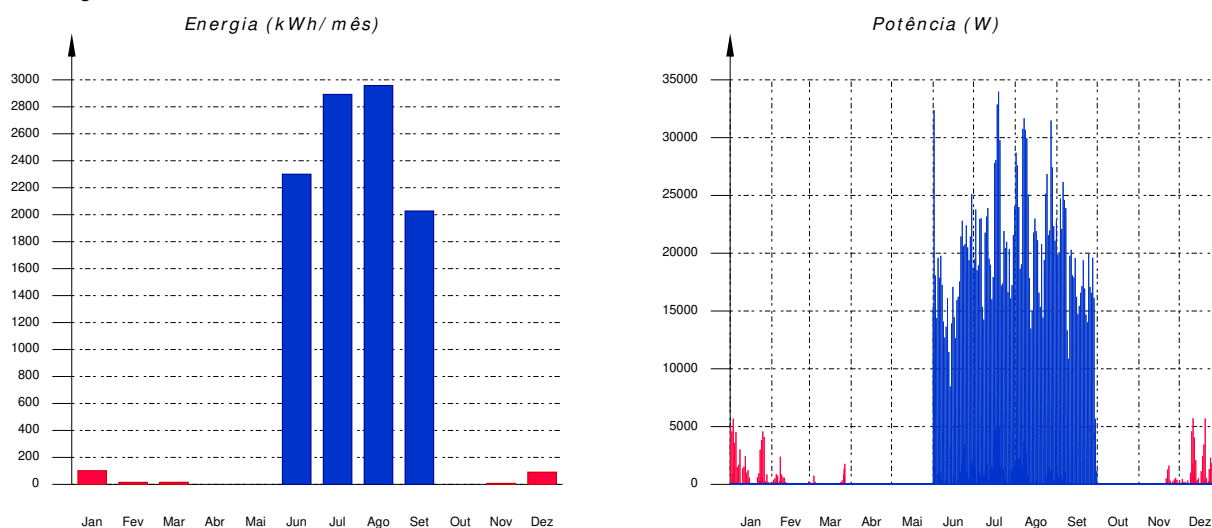
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²-ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²-ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²-ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

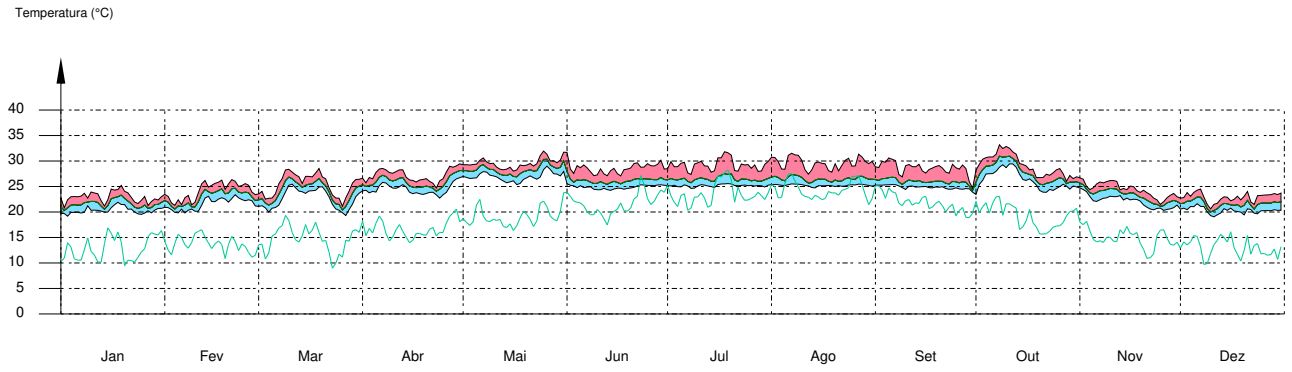


2.3.- Evolução da temperatura.

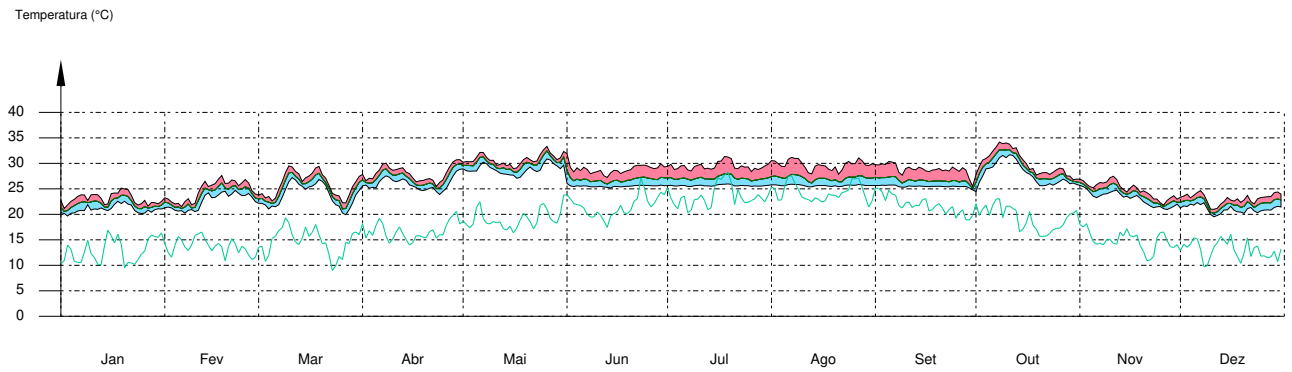
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

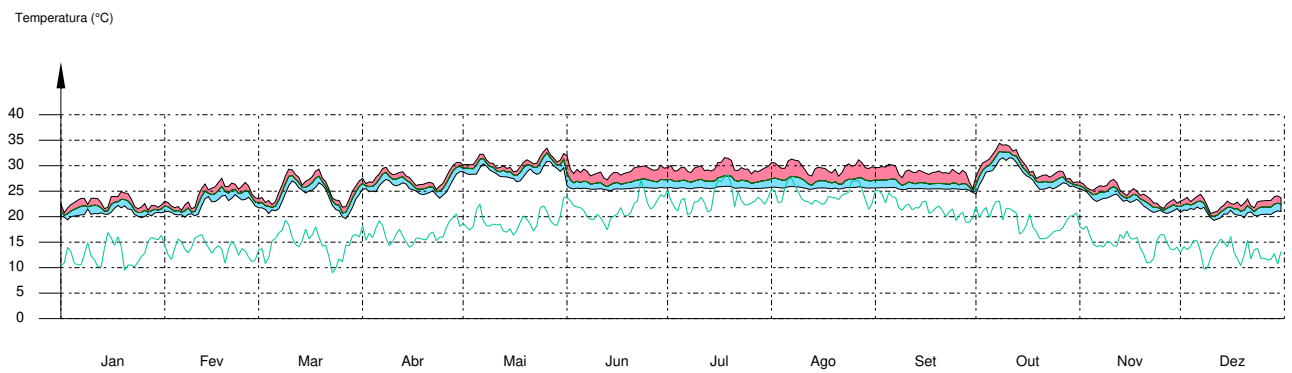
ground floor



floor 1

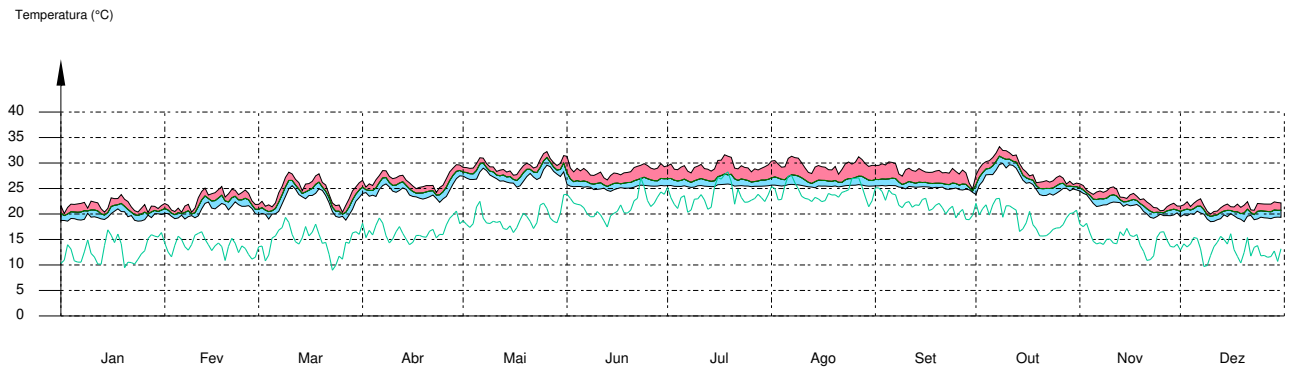


floor 2

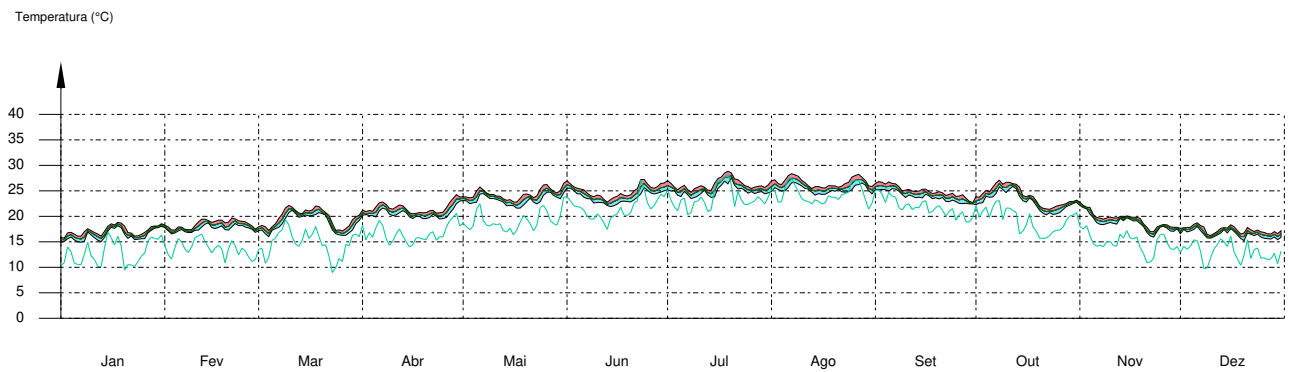


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	83.3	78.5	87.6	82.4	82.8	278.7	345.1	377.3	272.4	79.8	75.3	82.3	-4172.96	-32
Q _w	-459.6	-423.6	-496.6	-506.4	-549.0	-545.0	-599.1	-602.5	-526.0	-529.9	-412.4	-448.1	4536.04	34.78
Q _{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.6	25.5	32.3	4.9	0.0	--	--	-2644.29	-20.28
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	16.1	0.7	1.9	--	--	--	--	--	--	--	0.4	13.6	32.66	0.25
Q _C	--	--	--	--	--	-453.8	-589.6	-622.7	-417.0	--	--	--	-2083.21	-15.97
Q _{HC}	16.1	0.7	1.9	--	--	453.8	589.6	622.7	417.0	--	0.4	13.6	2115.87	16.22

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	168.7	158.0	173.2	164.3	173.0	588.0	668.7	699.9	564.1	176.8	160.4	164.7	-4162.72	-33.28
	-555.6	-558.2	-644.5	-676.4	-716.1	-750.6	-829.7	-831.0	-748.8	-650.3	-505.5	-555.9		
Q_w	615.9	649.3	719.6	755.8	811.5	869.5	935.8	890.6	813.1	705.2	579.3	609.9	7441.97	59.5
	-159.4	-148.3	-155.8	-152.5	-155.4	-76.4	-59.4	-55.8	-74.5	-164.9	-149.7	-161.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.5	24.9	31.3	4.7	0.0	--	--	-2884.84	-23.07
	-322.7	-315.5	-326.5	-313.1	-357.1	-127.9	-76.9	-64.7	-117.4	-313.1	-324.2	-291.2		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	5.7	0.3	0.0	--	--	--	--	--	--	--	--	5.9	11.82	0.09
Q_C	--	--	--	--	--	-721.6	-884.2	-899.7	-644.5	--	--	--	-3149.99	-25.19
Q_{HC}	5.7	0.3	0.0	--	--	721.6	884.2	899.7	644.5	--	--	5.9	3161.81	25.28

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	155.6	149.2	164.4	158.7	171.2	592.5	679.2	696.6	544.2	172.4	150.5	151.7	-4077.72	-32.6
	-568.6	-570.7	-627.5	-639.4	-691.4	-739.6	-806.1	-783.6	-705.2	-649.7	-514.0	-568.0		
Q_w	618.1	656.5	694.8	711.2	785.2	861.0	917.6	845.0	767.4	703.0	582.2	611.5	7269.05	58.12
	-153.9	-144.1	-151.6	-149.4	-155.2	-76.6	-59.8	-56.0	-74.2	-163.4	-144.9	-155.3		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.3	24.1	30.6	4.7	0.0	--	--	-2823.61	-22.58
	-312.3	-306.6	-315.8	-303.6	-354.6	-129.1	-78.8	-65.4	-116.3	-309.2	-314.0	-281.6		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	12.7	0.6	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	13.1	27.35	0.22
Q_C	--	--	--	--	--	-727.2	-897.1	-897.3	-624.6	--	--	--	-3146.21	-25.16
Q_{HC}	12.7	0.6	1.0	--	--	727.2	897.1	897.3	624.6	--	--	13.1	3173.56	25.37

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	74.3	75.8	87.6	88.5	96.7	311.2	384.2	408.9	288.4	93.3	76.7	73.0	-2394.45	-32.77
	-352.7	-310.3	-370.5	-377.7	-397.3	-401.6	-436.9	-436.6	-389.3	-360.2	-280.6	-339.4		
Q_w	322.7	332.2	386.7	405.0	435.8	479.2	510.1	482.9	429.0	374.3	296.7	312.7	3890.19	53.24
	-89.4	-82.0	-88.6	-88.7	-93.1	-49.1	-38.2	-35.7	-46.8	-94.7	-81.3	-89.5		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	2.7	15.0	19.2	2.9	0.1	--	--	-1480.7	-20.26
	-169.4	-157.1	-166.3	-158.5	-186.2	-71.4	-43.1	-35.3	-63.4	-158.1	-160.6	-151.2		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	67.3	13.8	12.7	--	--	--	--	--	--	--	7.2	58.3	159.42	2.18
Q_C	--	--	--	--	--	-397.9	-521.4	-538.6	-341.5	--	--	--	-1799.46	-24.63
Q_{HC}	67.3	13.8	12.7	--	--	397.9	521.4	538.6	341.5	--	7.2	58.3	1958.89	26.81

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	97.8	97.0	111.5	106.3	119.0	72.4	61.2	56.2	65.0	104.3	99.1	97.6	1048.4	35.23
	-0.1	-0.1	-1.1	-0.8	-1.7	-6.2	-10.3	-13.4	-3.8	-1.3	--	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.4	0.6	2.9	2.5	3.6	10.4	15.6	19.5	7.4	3.2	--	0.4	-1048.21	-35.22
	-97.6	-97.6	-112.7	-107.4	-120.5	-76.6	-66.5	-62.3	-69.2	-106.1	-100.1	-98.0		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--		Oscilação livre
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh-ano) (kWh/m ² -ano)	
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
Necessidade energética	Aquecimento	1102.2	571.0	264.6	106.0	1.1	--	--	--	--	5.3	198.4	1119.0	3367.7	7.4
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	777.9	946.0	965.5	759.2	--	--	--	3448.6	7.6
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	1299.8	745.9	454.1	285.5	178.5	941.8	1107.3	1126.8	919.1	182.8	381.9	1312.6	8936.1	19.7

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	220.8	118.7	53.5	22.4	--	--	--	--	--	0.1	36.0	224.4	675.8	5.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	150.7	183.3	196.1	154.5	--	--	--	684.6	5.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	270.2	162.4	100.9	67.2	44.3	191.6	223.6	236.5	194.5	44.4	81.9	272.8	1890.3	14.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	220.8	118.7	53.5	22.4	--	--	--	--	--	0.1	36.0	224.4	675.8	5.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	150.7	183.3	196.1	154.5	--	--	--	684.6	5.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4	
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
	TOTAL	270.2	162.4	100.9	67.2	44.3	191.6	223.6	236.5	194.5	44.4	81.9	272.8	1890.3	14.5

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	233.3	106.4	33.9	9.7	--	--	--	--	--	--	20.1	245.1	648.5	5.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	261.8	315.7	325.2	268.5	--	--	--	1171.2	9.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	282.7	150.1	81.3	54.6	44.3	302.8	356.0	365.5	308.5	44.4	66.0	293.5	2349.7	18.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	233.3	106.4	33.9	9.7	--	--	--	--	--	--	20.1	245.1	648.5	5.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	261.8	315.7	325.2	268.5	--	--	--	1171.2	9.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5	
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
	TOTAL	282.7	150.1	81.3	54.6	44.3	302.8	356.0	365.5	308.5	44.4	66.0	293.5	2349.7	18.8

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	296.9	139.0	56.1	19.7	--	--	--	--	--	--	36.0	305.7	853.6	6.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	250.9	300.7	296.4	233.7	--	--	--	1081.7	8.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	346.3	182.7	103.5	64.6	44.3	291.9	341.1	336.7	273.7	44.4	81.9	354.1	2465.2	19.7
Energia útil proporcionada	Aquecimento	296.9	139.0	56.1	19.7	--	--	--	--	--	--	36.0	305.7	853.6	6.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	250.9	300.7	296.4	233.7	--	--	--	1081.7	8.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5	
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
	TOTAL	346.3	182.7	103.5	64.6	44.3	291.9	341.1	336.7	273.7	44.4	81.9	354.1	2465.2	19.7

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	351.1	206.9	121.0	54.2	1.1	--	--	--	--	5.3	106.3	343.8	1189.8	16.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	114.6	146.3	147.8	102.4	--	--	--	511.2	7.0
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	400.5	250.6	168.4	99.1	45.5	155.5	186.7	188.1	142.4	49.6	152.2	392.2	2230.9	30.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	351.1	206.9	121.0	54.2	1.1	--	--	--	--	5.3	106.3	343.8	1189.8	16.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	114.6	146.3	147.8	102.4	--	--	--	511.2	7.0
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4	
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
	TOTAL	400.5	250.6	168.4	99.1	45.5	155.5	186.7	188.1	142.4	49.6	152.2	392.2	2230.9	30.5

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	675.8	5.2	684.6	5.2
floor 1	125.07	648.5	5.2	1171.2	9.4
floor 2	125.07	853.6	6.8	1081.7	8.6
floor 3	73.07	1189.8	16.3	511.2	7.0
	453.63	3367.7	7.4	3448.6	7.6

Consumo energético

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS, sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	4
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	4
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	4
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
													(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)														
	Aquecimento	453.6	234.1	74.3	15.3	--	--	--	--	--	12.1	542.8	1332.2	2.9
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	1733.4	1923.5	1656.7	1407.6	--	--	--	6721.3	14.8
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	651.2	408.9	263.8	194.7	177.4	1897.2	2084.8	1818.0	1567.6	177.4	195.5	736.4	10173.1

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	86.6	48.1	13.7	2.1	--	--	--	--	--	--	0.7	102.7	253.9	1.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	336.1	378.1	333.1	282.7	--	--	--	1330.1	10.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	136.0	91.8	61.1	47.0	44.3	377.1	418.5	373.4	322.7	44.4	46.5	151.1	2113.9	16.2
Energia útil proporcionada	Aquecimento	86.6	48.1	13.7	2.1	--	--	--	--	--	--	0.7	102.7	253.9	1.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	336.1	378.1	333.1	282.7	--	--	--	1330.1	10.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	136.0	91.8	61.1	47.0	44.3	377.1	418.5	373.4	322.7	44.4	46.5	151.1	2113.9	16.2	
floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	72.8	34.2	2.7	--	--	--	--	--	--	--	0.0	98.8	208.4	1.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	563.1	614.5	539.9	471.2	--	--	--	2188.8	17.5
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	122.2	77.9	50.0	44.9	44.3	604.1	654.9	580.2	511.2	44.4	45.9	147.2	2927.1	23.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	72.8	34.2	2.7	--	--	--	--	--	--	--	0.0	98.8	208.4	1.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	563.1	614.5	539.9	471.2	--	--	--	2188.8	17.5
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	122.2	77.9	50.0	44.9	44.3	604.1	654.9	580.2	511.2	44.4	45.9	147.2	2927.1	23.4	
floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	101.6	48.7	6.5	0.0	--	--	--	--	--	--	0.2	133.2	290.2	2.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	556.6	606.7	516.6	442.0	--	--	--	2121.9	17.0
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	151.0	92.4	53.9	44.9	44.3	597.6	647.0	557.0	482.0	44.4	46.0	181.6	2942.1	23.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	101.6	48.7	6.5	0.0	--	--	--	--	--	--	0.2	133.2	290.2	2.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	556.6	606.7	516.6	442.0	--	--	--	2121.9	17.0
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	151.0	92.4	53.9	44.9	44.3	597.6	647.0	557.0	482.0	44.4	46.0	181.6	2942.1	23.5	
floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	192.6	103.1	51.4	13.1	--	--	--	--	--	--	11.2	208.1	579.6	7.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	277.5	324.2	267.1	211.7	--	--	--	1080.5	14.8
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	242.0	146.8	98.8	58.0	44.3	318.4	364.5	307.4	251.7	44.4	57.1	256.5	2190.0	30.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	192.6	103.1	51.4	13.1	--	--	--	--	--	--	11.2	208.1	579.6	7.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	277.5	324.2	267.1	211.7	--	--	--	1080.5	14.8
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	242.0	146.8	98.8	58.0	44.3	318.4	364.5	307.4	251.7	44.4	57.1	256.5	2190.0	30.0	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

Consumo energético

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh-ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh-ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	253.9	1.9	1330.1	10.2
floor 1	125.07	208.4	1.7	2188.8	17.5
floor 2	125.07	290.2	2.3	2121.9	17.0
floor 3	73.07	579.6	7.9	1080.5	14.8
	453.63	1332.2	2.9	6721.3	14.8

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh-ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} (kWh-ano)	D_{AQS} (kWh/ m^2 ·ano)	% _{AS} (%)	$D_{AQS,sys}$ (kWh-ano)	$D_{AQS,sys}$ (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, kWh/ m^2 ·ano.

%_{AS}: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sys}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, kWh/ m^2 ·ano.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	4
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	4
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	4
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)														
	Aquecimento	384.4	86.0	52.7	9.7	--	--	--	--	--	16.9	340.6	890.3	2.0
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	2159.9	2124.3	1712.3	1559.3	--	--	--	7555.8	16.7
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	582.0	260.8	242.3	189.2	177.4	2323.8	2285.6	1873.6	1719.3	177.4	200.3	534.1	10565.8

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	70.9	16.0	9.3	1.1	--	--	--	--	--	--	1.4	57.1	155.7	1.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	425.8	422.4	345.2	316.4	--	--	--	1509.8	11.6
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	120.3	59.7	56.7	46.0	44.3	466.8	462.7	385.5	356.4	44.4	47.2	105.5	2195.5	16.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	70.9	16.0	9.3	1.1	--	--	--	--	--	--	1.4	57.1	155.7	1.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	425.8	422.4	345.2	316.4	--	--	--	1509.8	11.6
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	120.3	59.7	56.7	46.0	44.3	466.8	462.7	385.5	356.4	44.4	47.2	105.5	2195.5	16.8	
floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	59.4	6.9	1.2	--	--	--	--	--	--	--	0.0	55.0	122.5	1.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	685.8	670.6	555.3	512.7	--	--	--	2424.4	19.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	108.8	50.6	48.6	44.9	44.3	726.8	710.9	595.6	552.7	44.4	45.9	103.4	3076.9	24.6
Energia útil proporcionada	Aquecimento	59.4	6.9	1.2	--	--	--	--	--	--	--	0.0	55.0	122.5	1.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	685.8	670.6	555.3	512.7	--	--	--	2424.4	19.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	108.8	50.6	48.6	44.9	44.3	726.8	710.9	595.6	552.7	44.4	45.9	103.4	3076.9	24.6	
floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	85.1	13.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	0.3	79.5	182.2	1.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	683.9	665.3	532.9	486.1	--	--	--	2368.3	18.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	134.5	57.3	51.1	44.9	44.3	724.8	705.7	573.2	526.1	44.4	46.2	127.9	3080.3	24.6
Energia útil proporcionada	Aquecimento	85.1	13.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	0.3	79.5	182.2	1.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	683.9	665.3	532.9	486.1	--	--	--	2368.3	18.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	134.5	57.3	51.1	44.9	44.3	724.8	705.7	573.2	526.1	44.4	46.2	127.9	3080.3	24.6	
floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	169.0	49.6	38.5	8.6	--	--	--	--	--	--	15.2	149.0	429.9	5.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	364.4	366.0	278.9	244.1	--	--	--	1253.3	17.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	218.4	93.3	85.9	53.5	44.3	405.4	406.3	319.2	284.1	44.4	61.0	197.4	2213.2	30.3
Energia útil proporcionada	Aquecimento	169.0	49.6	38.5	8.6	--	--	--	--	--	--	15.2	149.0	429.9	5.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	364.4	366.0	278.9	244.1	--	--	--	1253.3	17.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	218.4	93.3	85.9	53.5	44.3	405.4	406.3	319.2	284.1	44.4	61.0	197.4	2213.2	30.3	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

Consumo energético

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)		D_{ref} ($kWh\cdot ano$) (kWh/ $m^2\cdot ano$)	
ground floor	130.42	155.7	1.2	1509.8	11.6
floor 1	125.07	122.5	1.0	2424.4	19.4
floor 2	125.07	182.2	1.5	2368.3	18.9
floor 3	73.07	429.9	5.9	1253.3	17.2
	453.63	890.3	2.0	7555.8	16.7

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan ($^{\circ}C$)	Fev ($^{\circ}C$)	Mar ($^{\circ}C$)	Abr ($^{\circ}C$)	Mai ($^{\circ}C$)	Jun ($^{\circ}C$)	Jul ($^{\circ}C$)	Ago ($^{\circ}C$)	Set ($^{\circ}C$)	Out ($^{\circ}C$)	Nov ($^{\circ}C$)	Dez ($^{\circ}C$)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} ($^{\circ}C$)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} (kWh/ $m^2\cdot ano$)	% $_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sis}$ (kWh/ $m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, $^{\circ}C$.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

% $_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano		
													(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)	
EDIFÍCIO (S _e = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	606.5	173.1	87.2	14.7	--	--	--	--	--	21.4	730.1	1632.9	3.6	
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	1590.7	1958.4	1861.1	1321.5	--	--	--	6731.7	14.8	
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	804.1	347.9	276.7	194.2	177.4	1754.6	2119.6	2022.4	1481.5	177.4	204.8	923.6	10484.3	23.1

onde:

S_e: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{cep}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	118.4	34.4	17.0	2.1	--	--	--	--	--	--	2.0	140.1	314.0	2.4
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	309.0	389.5	380.9	264.7	--	--	--	1344.2	10.3
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	167.8	78.1	64.4	47.0	44.3	350.0	429.8	421.2	304.7	44.4	47.8	188.5	2188.1	16.8
Energia útil proporcionada	Aquecimento	118.4	34.4	17.0	2.1	--	--	--	--	--	--	2.0	140.1	314.0	2.4
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	309.0	389.5	380.9	264.7	--	--	--	1344.2	10.3
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	167.8	78.1	64.4	47.0	44.3	350.0	429.8	421.2	304.7	44.4	47.8	188.5	2188.1	16.8	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	106.7	22.8	4.0	--	--	--	--	--	--	--	0.2	148.4	282.1	2.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	520.4	622.1	594.8	444.0	--	--	--	2181.4	17.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	156.1	66.5	51.4	44.9	44.3	561.4	662.5	635.1	484.0	44.4	46.1	196.7	2993.4	23.9
Energia útil proporcionada	Aquecimento	106.7	22.8	4.0	--	--	--	--	--	--	--	0.2	148.4	282.1	2.3
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	520.4	622.1	594.8	444.0	--	--	--	2181.4	17.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	156.1	66.5	51.4	44.9	44.3	561.4	662.5	635.1	484.0	44.4	46.1	196.7	2993.4	23.9	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	144.4	34.8	8.6	0.0	--	--	--	--	--	--	0.7	190.2	378.7	3.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	511.8	614.9	575.1	416.4	--	--	--	2118.2	16.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	193.8	78.5	56.0	44.9	44.3	552.8	655.2	615.4	456.4	44.4	46.5	238.6	3026.8	24.2
Energia útil proporcionada	Aquecimento	144.4	34.8	8.6	0.0	--	--	--	--	--	--	0.7	190.2	378.7	3.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	511.8	614.9	575.1	416.4	--	--	--	2118.2	16.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	193.8	78.5	56.0	44.9	44.3	552.8	655.2	615.4	456.4	44.4	46.5	238.6	3026.8	24.2	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	236.9	81.1	57.6	12.6	--	--	--	--	--	--	18.5	251.4	658.1	9.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	249.5	331.9	310.3	196.4	--	--	--	1088.0	14.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	286.3	124.8	105.0	57.4	44.3	290.4	372.2	350.6	236.4	44.4	64.4	299.8	2276.0	31.1
Energia útil proporcionada	Aquecimento	236.9	81.1	57.6	12.6	--	--	--	--	--	--	18.5	251.4	658.1	9.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	249.5	331.9	310.3	196.4	--	--	--	1088.0	14.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	286.3	124.8	105.0	57.4	44.3	290.4	372.2	350.6	236.4	44.4	64.4	299.8	2276.0	31.1	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	314.0	2.4	1344.2	10.3
floor 1	125.07	282.1	2.3	2181.4	17.4
floor 2	125.07	378.7	3.0	2118.2	16.9
floor 3	73.07	658.1	9.0	1088.0	14.9
	453.63	1632.9	3.6	6731.7	14.8

Consumo energético

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS, sis}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS, sis}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSALIS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	675.79	5.18	684.57	5.25
floor 1	125.07	648.54	5.19	1171.21	9.36
floor 2	125.07	853.58	6.82	1081.7	8.65
floor 3	73.07	1189.84	16.28	511.17	7
	453.63	3367.75	7.42	3448.64	7.6

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

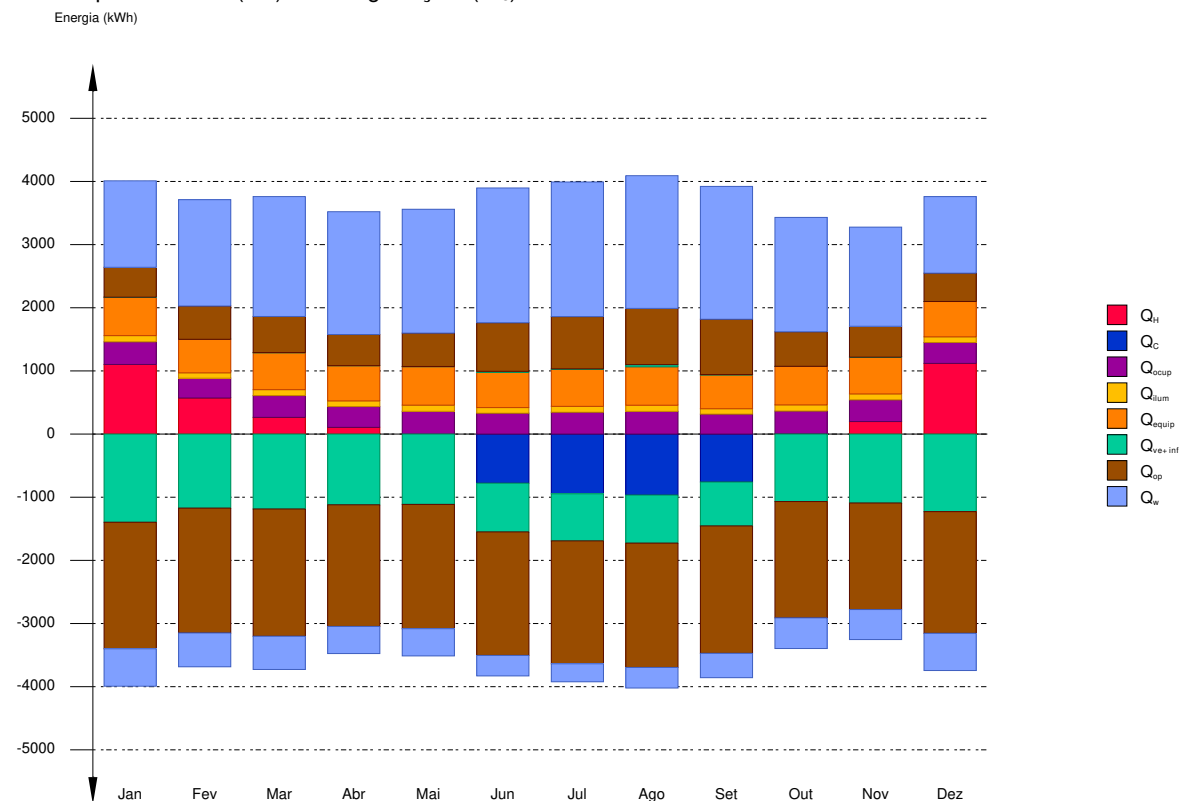
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	Ano (kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	472.9	526.8	571.1	492.6	528.3	769.1	827.1	890.7	875.2	546.7	488.6	448.4	-15796.7	-34.82
Q_w	1369.5	1684.1	1898.5	1944.8	1961.0	2133.7	2131.5	2101.7	2103.5	1810.8	1570.0	1212.2	16536.7	36.45
Q_{ve+inf}	0.5	0.5	4.0	0.6	4.1	16.9	10.5	34.1	8.3	2.7	0.1	0.6	-12268.9	-27.05
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{ilum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	1102.2	571.0	264.6	106.0	1.1	--	--	--	--	5.3	198.4	1119.0	3367.75	7.42
Q_C	--	--	--	--	--	-777.9	-946.0	-965.5	-759.2	--	--	--	-3448.64	-7.6
Q_{HC}	1102.2	571.0	264.6	106.0	1.1	777.9	946.0	965.5	759.2	5.3	198.4	1119.0	6816.39	15.03

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{ilum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

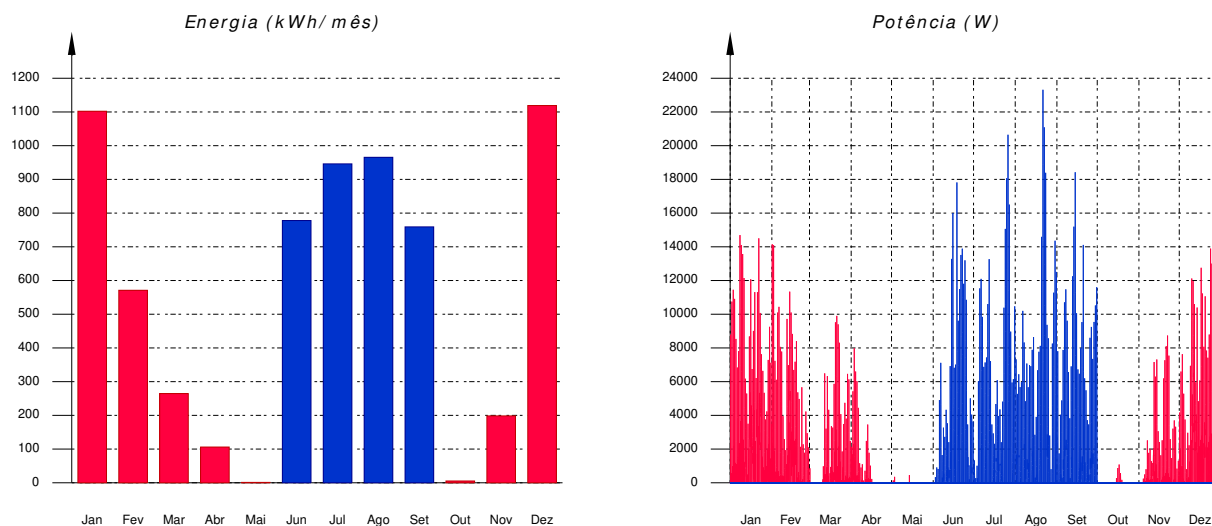
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

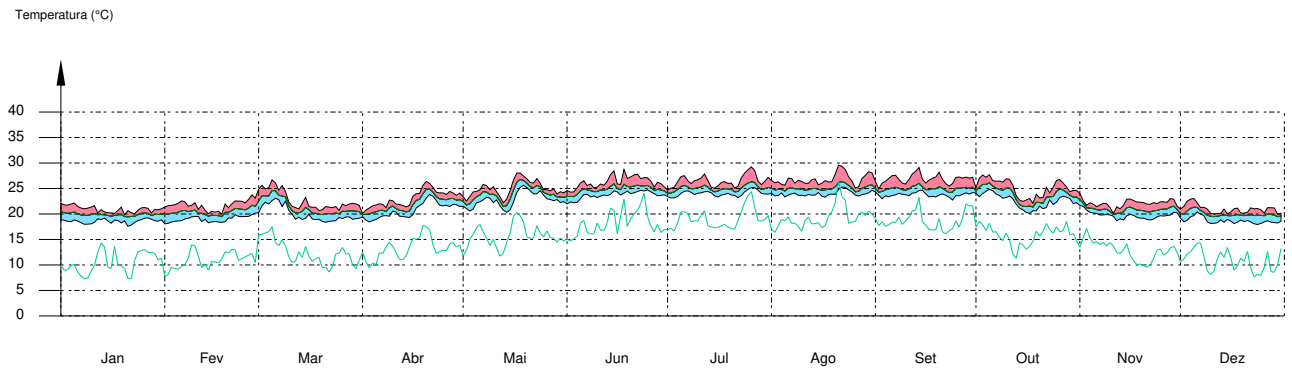


2.3.- Evolução da temperatura.

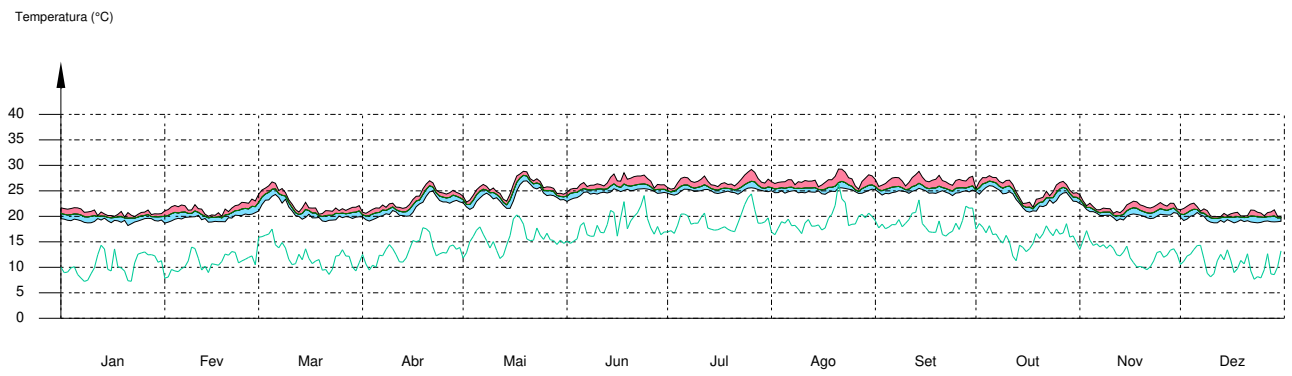
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

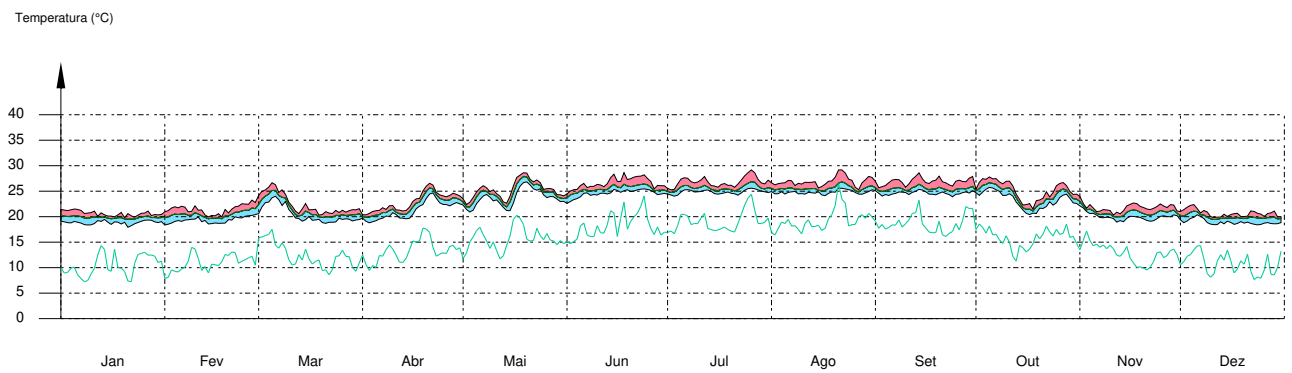
ground floor



floor 1

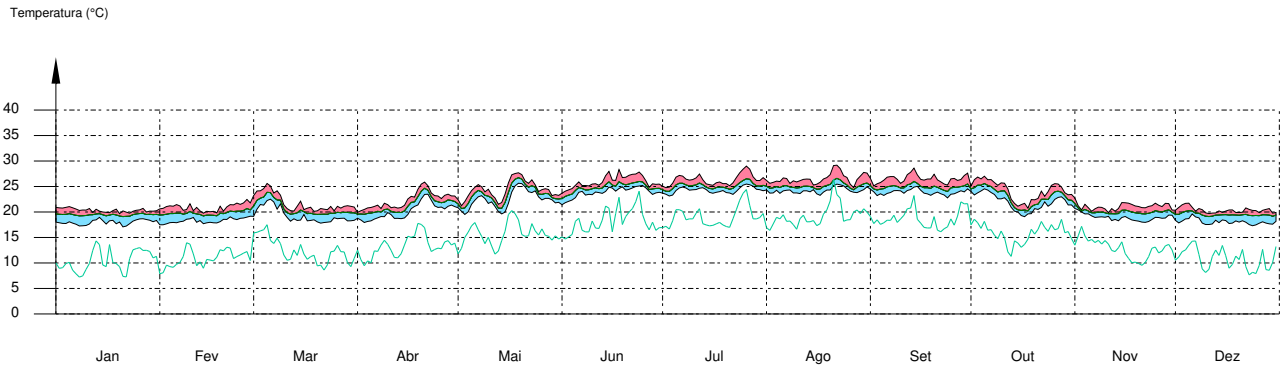


floor 2

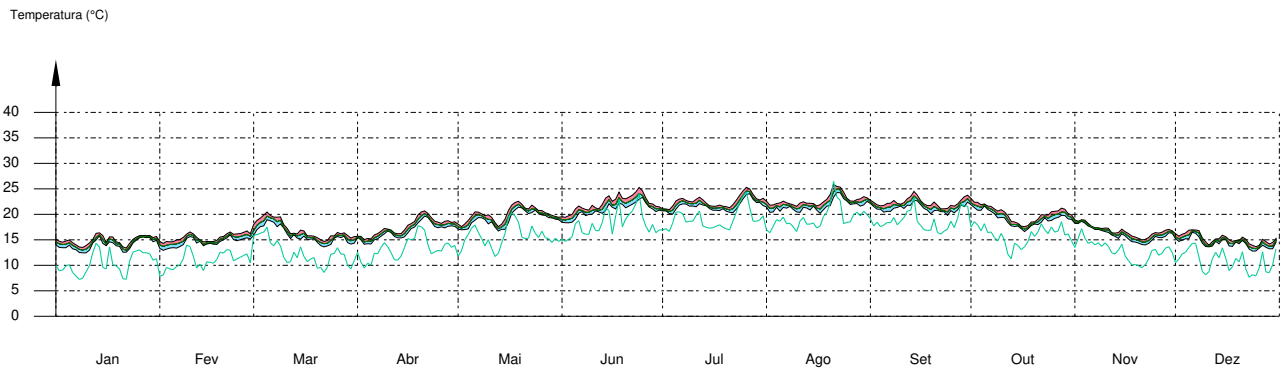


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	71.4	81.3	86.7	71.6	74.1	93.1	96.8	108.2	110.7	76.8	74.0	65.6	-4582.49	-35.14
Q _w	-483.8	-469.0	-482.5	-456.7	-477.0	-463.7	-464.3	-466.6	-472.8	-468.4	-422.9	-465.0	3320.57	25.46
Q _{ve+inf}	--	--	--	--	--	2.3	2.0	7.7	0.6	--	--	--	-3108.63	-23.84
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	220.8	118.7	53.5	22.4	--	--	--	--	--	0.1	36.0	224.4	675.79	5.18
Q _C	--	--	--	--	--	-150.7	-183.3	-196.1	-154.5	--	--	--	-684.57	-5.25
Q _{HC}	220.8	118.7	53.5	22.4	--	150.7	183.3	196.1	154.5	0.1	36.0	224.4	1360.35	10.43

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	134.8	150.3	163.6	136.6	142.5	247.0	277.2	305.8	304.0	152.7	142.1	124.3	-4284.28	-34.25
	-502.6	-525.6	-558.0	-564.3	-580.6	-580.8	-586.8	-602.2	-612.2	-518.6	-452.2	-481.3		
Q_w	420.9	518.3	592.6	624.4	625.1	672.2	674.8	672.0	663.8	552.5	482.6	371.7	5226.05	41.78
	-178.6	-162.8	-161.3	-132.6	-133.5	-98.3	-86.5	-98.5	-117.1	-151.0	-146.8	-177.8		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	2.1	1.9	7.7	0.5	--	--	--	-3198.47	-25.57
	-359.8	-302.5	-307.7	-296.6	-297.7	-197.2	-192.2	-196.7	-178.1	-283.1	-284.9	-314.0		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{illum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	233.3	106.4	33.9	9.7	--	--	--	--	--	--	20.1	245.1	648.54	5.19
Q_C	--	--	--	--	--	-261.8	-315.7	-325.2	-268.5	--	--	--	-1171.21	-9.36
Q_{HC}	233.3	106.4	33.9	9.7	--	261.8	315.7	325.2	268.5	--	20.1	245.1	1819.75	14.55

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	113.5	137.9	148.6	125.5	136.6	237.0	262.2	276.0	267.8	144.7	129.2	106.4	-4487.28	-35.88
	-553.6	-563.0	-566.6	-535.0	-557.9	-567.3	-560.7	-558.2	-574.9	-528.9	-473.9	-532.4		
Q_w	421.6	524.7	578.8	578.2	594.5	654.4	645.7	623.7	621.5	557.6	485.6	372.1	5047.84	40.36
	-175.7	-159.1	-156.5	-128.0	-130.3	-97.7	-86.1	-97.8	-115.9	-147.0	-141.5	-174.7		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	2.0	1.9	7.6	0.5	--	--	--	-3124.84	-24.98
	-355.8	-297.0	-298.6	-284.2	-287.8	-195.0	-190.4	-193.3	-174.0	-274.5	-275.9	-310.2		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{illum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	296.9	139.0	56.1	19.7	--	--	--	--	--	--	36.0	305.7	853.58	6.82
Q_C	--	--	--	--	--	-250.9	-300.7	-296.4	-233.7	--	--	--	-1081.7	-8.65
Q_{HC}	296.9	139.0	56.1	19.7	--	250.9	300.7	296.4	233.7	--	36.0	305.7	1935.28	15.47

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	51.4	64.1	69.8	65.4	77.0	107.9	114.2	123.5	115.7	78.8	57.1	52.8	-3505.07	-47.97
	-463.3	-418.9	-405.8	-370.2	-350.2	-338.3	-332.4	-337.9	-354.2	-324.9	-338.1	-448.4		
Q_w	237.7	291.7	340.5	354.8	358.7	384.9	389.6	388.7	387.2	324.6	272.6	211.5	2942.18	40.26
	-112.3	-99.4	-96.3	-78.4	-78.9	-61.8	-54.6	-63.0	-73.4	-86.2	-84.7	-111.3		
Q_{ve+inf}	--	--	0.0	--	0.1	1.4	1.1	4.6	0.4	--	--	--	-1774.6	-24.29
	-214.7	-174.6	-171.0	-159.0	-152.3	-108.8	-107.0	-109.1	-97.4	-144.4	-156.6	-187.2		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{illum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	351.1	206.9	121.0	54.2	1.1	--	--	--	--	5.3	106.3	343.8	1189.84	16.28
Q_C	--	--	--	--	--	-114.6	-146.3	-147.8	-102.4	--	--	--	-511.17	-7
Q_{HC}	351.1	206.9	121.0	54.2	1.1	114.6	146.3	147.8	102.4	5.3	106.3	343.8	1701.01	23.28

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	101.8	93.2	102.5	93.6	98.1	84.1	76.6	77.1	77.0	93.8	86.2	99.4	1062.44	35.7
	-0.1	-0.1	-2.2	-0.1	-2.2	-5.6	-1.8	-3.9	-3.6	-1.2	-0.0	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.5	0.5	4.0	0.6	4.1	9.2	3.7	6.7	6.2	2.7	0.1	0.6	-1062.39	-35.7
	-102.2	-93.4	-104.3	-93.6	-99.8	-87.3	-78.2	-79.9	-79.6	-96.1	-86.8	-99.9		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{illum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{lum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	253.93	1.95	1330.06	10.2
floor 1	125.07	208.44	1.67	2188.79	17.5
floor 2	125.07	290.22	2.32	2121.94	16.97
floor 3	73.07	579.6	7.93	1080.48	14.79
	453.63	1332.19	2.94	6721.27	14.82

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

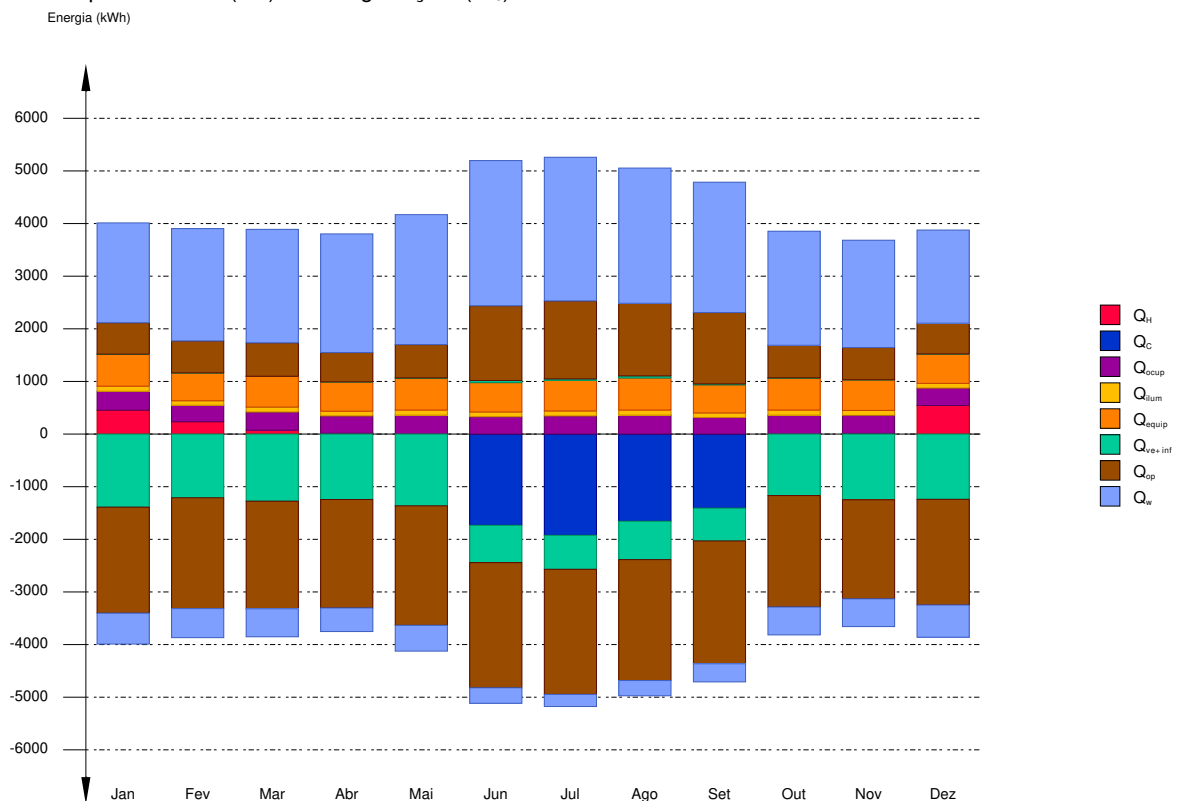
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Balço energético anual do edifício.														
Q_{op}	597.2	606.7	635.6	556.2	633.1	1421.7	1482.2	1380.0	1355.0	619.0	612.4	584.2	-15406.6	-33.96
Q_w	-2014.3	-2105.5	-2044.4	-2060.6	-2271.1	-2377.7	-2377.1	-2298.2	-2333.6	-2117.9	-1881.8	-2007.8	21980.5	48.45
Q_{ve+inf}	0.3	0.6	2.0	0.3	2.1	39.8	25.5	39.9	19.5	3.5	0.0	0.6	-12714.4	-28.03
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	453.6	234.1	74.3	15.3	--	--	--	--	--	--	12.1	542.8	1332.19	2.94
Q_C	--	--	--	--	--	-1733.4	-1923.5	-1656.7	-1407.6	--	--	--	-6721.27	-14.82
Q_{HC}	453.6	234.1	74.3	15.3	--	1733.4	1923.5	1656.7	1407.6	--	12.1	542.8	8053.46	17.75

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²-ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²-ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²-ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²-ano.

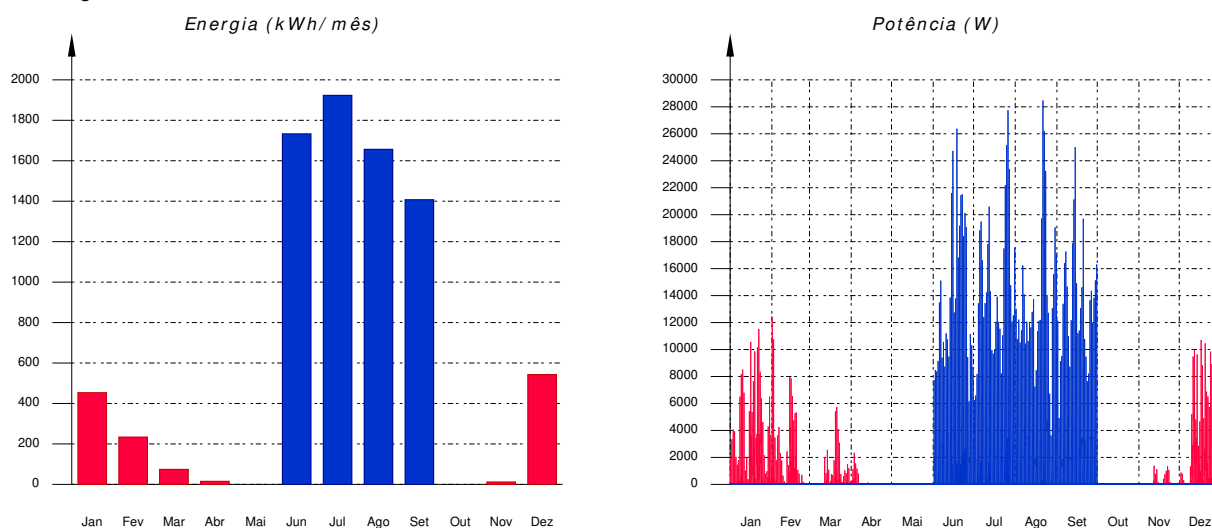
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²-ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²-ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²-ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

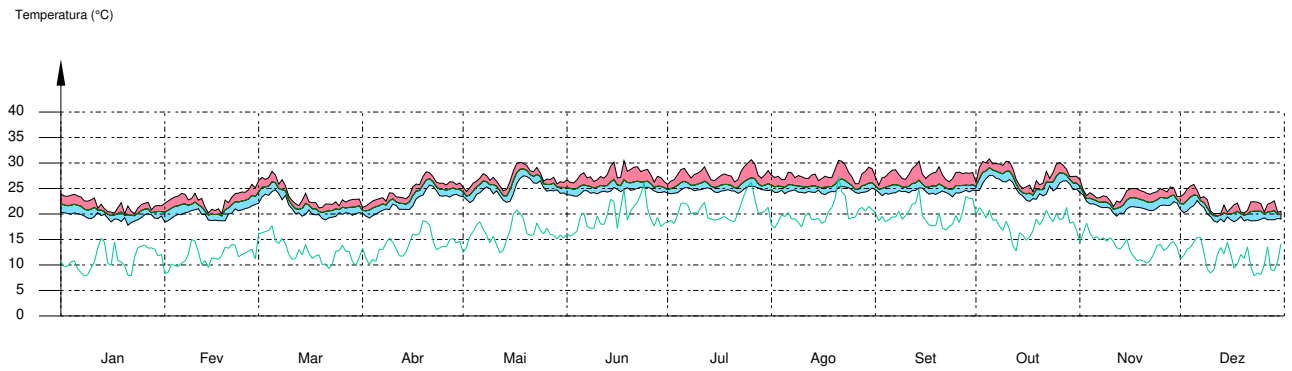


2.3.- Evolução da temperatura.

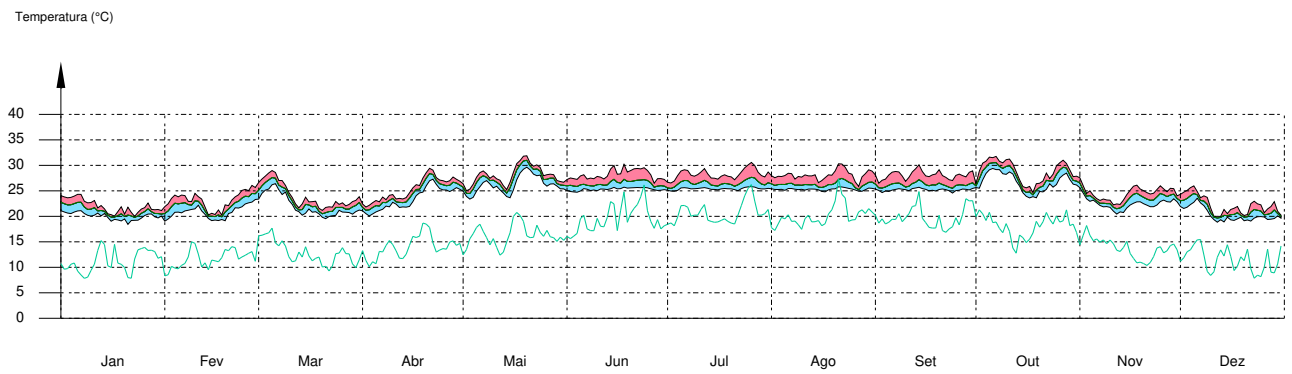
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

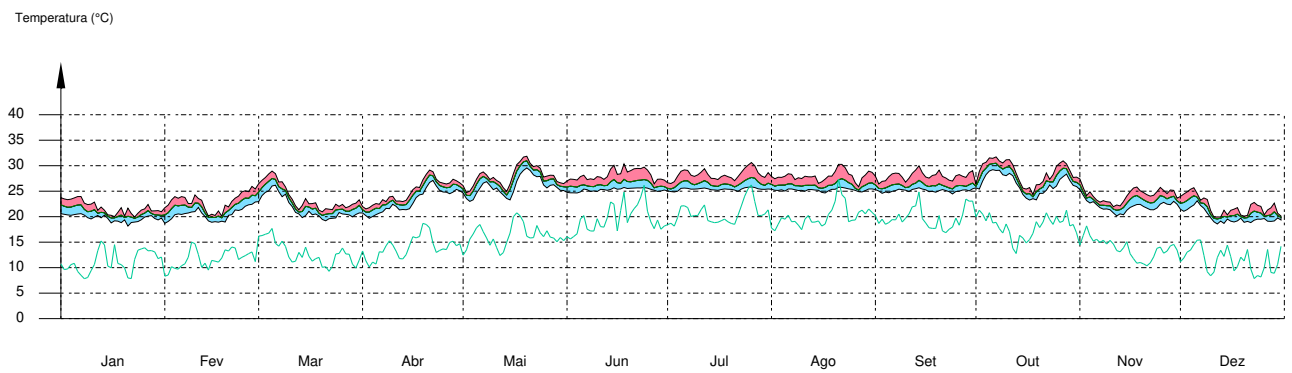
ground floor



floor 1

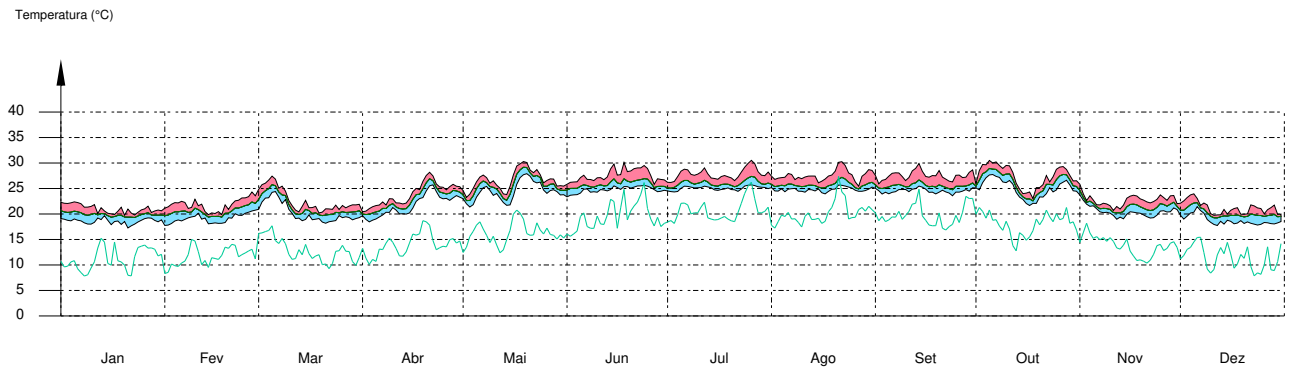


floor 2

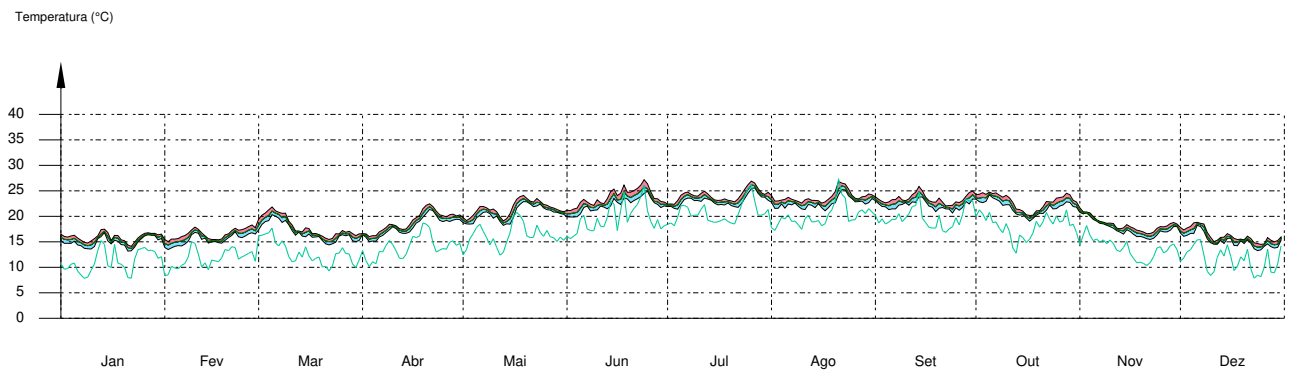


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor ($A_t = 130.42 \text{ m}^2$; $V = 445.29 \text{ m}^3$)														
Q_{op}	87.6	90.6	92.6	77.2	85.1	190.6	203.6	188.0	192.0	81.8	85.4	86.9	-4427.69	-33.95
Q_w	-467.5	-473.1	-469.2	-466.8	-521.7	-520.2	-526.7	-509.2	-517.1	-514.4	-439.2	-464.2	4292.08	32.91
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	8.2	6.0	9.4	3.2	--	--	--	-3145.44	-24.12
Q_{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q_{lum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q_{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q_H	86.6	48.1	13.7	2.1	--	--	--	--	--	--	0.7	102.7	253.93	1.95
Q_C	--	--	--	--	--	-336.1	-378.1	-333.1	-282.7	--	--	--	-1330.06	-10.2
Q_{HC}	86.6	48.1	13.7	2.1	--	336.1	378.1	333.1	282.7	--	0.7	102.7	1583.99	12.15

floor 1 ($A_t = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 443.9 \text{ m}^3$)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	174.7	173.7	177.5	151.4	170.7	467.5	487.8	463.1	458.6	173.5	177.8	168.8	-4527.87	-36.2
	-553.1	-609.8	-602.8	-634.5	-693.5	-740.5	-744.8	-727.7	-731.1	-624.5	-561.4	-549.3		
Q_w	599.0	678.3	689.3	735.7	798.2	881.7	876.3	835.9	798.8	683.2	648.1	559.1	7102.75	56.79
	-180.4	-170.5	-165.6	-140.0	-152.6	-89.0	-69.9	-87.9	-104.5	-165.7	-166.8	-188.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	7.7	5.9	9.3	2.9	--	--	--	-3355.13	-26.83
	-363.7	-320.0	-336.9	-334.1	-367.6	-177.6	-164.5	-187.2	-157.7	-313.2	-337.3	-321.2		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	72.8	34.2	2.7	--	--	--	--	--	--	--	0.0	98.8	208.44	1.67
Q_C	--	--	--	--	--	-563.1	-614.5	-539.9	-471.2	--	--	--	-2188.79	-17.5
Q_{HC}	72.8	34.2	2.7	--	--	563.1	614.5	539.9	471.2	--	0.0	98.8	2397.22	19.17

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	157.5	161.5	167.5	143.8	165.8	459.8	479.6	439.2	428.5	167.8	165.6	153.4	-4577.95	-36.6
	-581.0	-631.5	-599.3	-600.5	-667.8	-720.4	-714.1	-681.2	-691.7	-628.0	-570.6	-581.8		
Q_w	600.4	684.0	674.7	692.1	766.3	861.9	845.3	786.7	756.0	684.2	650.8	560.1	6916.56	55.3
	-175.4	-166.1	-160.6	-135.9	-150.3	-88.9	-69.9	-87.5	-103.8	-163.4	-160.9	-183.3		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	7.5	5.8	9.2	2.9	--	--	--	-3277.57	-26.21
	-355.0	-311.5	-325.5	-321.9	-359.4	-177.1	-164.5	-185.2	-155.0	-308.0	-325.3	-314.5		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	101.6	48.7	6.5	0.0	--	--	--	--	--	--	0.2	133.2	290.22	2.32
Q_C	--	--	--	--	--	-556.6	-606.7	-516.6	-442.0	--	--	--	-2121.94	-16.97
Q_{HC}	101.6	48.7	6.5	0.0	--	556.6	606.7	516.6	442.0	--	0.2	133.2	2412.16	19.29

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	70.1	81.2	84.7	76.5	91.9	215.3	236.9	210.2	198.3	91.0	81.8	68.5	-3031.93	-41.49
	-412.7	-391.1	-372.4	-358.8	-387.1	-389.5	-389.2	-376.5	-388.7	-349.4	-310.6	-412.4		
Q_w	310.5	347.2	366.6	388.7	427.9	476.5	476.6	448.2	430.1	365.1	330.3	289.6	3669.09	50.21
	-106.4	-98.7	-94.6	-79.9	-89.1	-57.0	-44.5	-56.0	-66.2	-94.8	-89.7	-111.5		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	5.0	3.4	5.5	2.1	--	--	--	-1777.37	-24.32
	-203.3	-169.8	-176.9	-171.4	-188.0	-99.7	-91.9	-103.4	-85.8	-157.9	-164.7	-180.6		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	192.6	103.1	51.4	13.1	--	--	--	--	--	--	11.2	208.1	579.6	7.93
Q_C	--	--	--	--	--	-277.5	-324.2	-267.1	-211.7	--	--	--	-1080.48	-14.79
Q_{HC}	192.6	103.1	51.4	13.1	--	277.5	324.2	267.1	211.7	--	11.2	208.1	1660.09	22.72

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	107.3	99.6	113.3	107.3	119.6	88.5	74.4	79.5	77.6	105.0	101.8	106.6	1158.85	38.94
	-0.0	-0.1	-0.8	-0.0	-1.0	-7.3	-2.3	-3.6	-5.0	-1.5	--	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.3	0.6	2.0	0.3	2.1	11.4	4.5	6.4	8.4	3.5	0.0	0.6	-1158.84	-38.94
	-107.6	-99.7	-114.6	-107.0	-120.7	-92.4	-76.3	-82.4	-80.9	-107.5	-102.5	-107.4		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--		Oscilação livre
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	155.74	1.19	1509.82	11.58
floor 1	125.07	122.5	0.98	2424.44	19.38
floor 2	125.07	182.17	1.46	2368.26	18.94
floor 3	73.07	429.93	5.88	1253.32	17.15
	453.63	890.34	1.96	7555.84	16.66

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

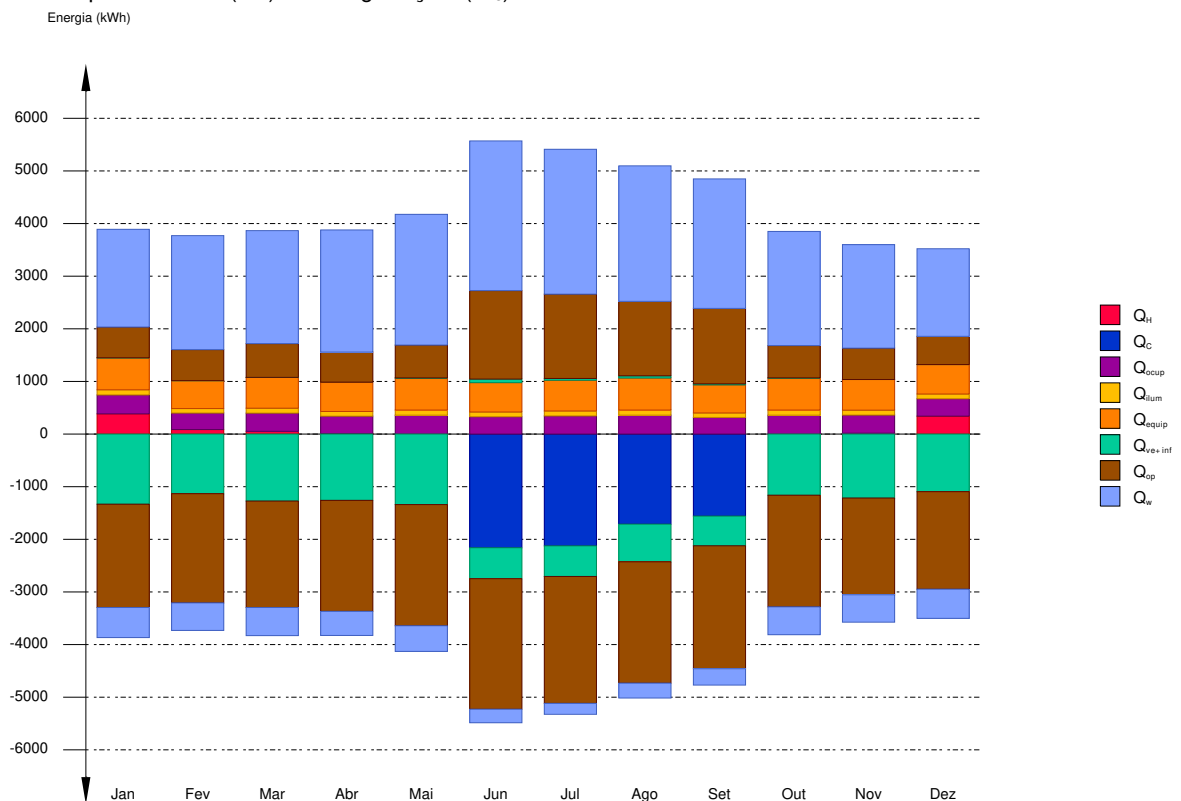
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	583.5	588.8	642.1	570.7	623.6	1681.6	1602.1	1414.7	1432.9	613.2	596.0	535.8	-14933.8	-32.92
Q_w	-1962.9	-2075.1	-2022.6	-2109.1	-2302.0	-2480.4	-2411.7	-2306.2	-2336.3	-2120.8	-1837.9	-1853.7	22172.3	48.88
Q_{ve+inf}	0.4	0.8	1.7	0.4	2.3	67.6	33.9	41.8	20.7	3.1	0.1	0.8	-12086	-26.64
Q_{equip}	-1332.9	-1132.8	-1273.1	-1260.1	-1340.1	-588.4	-581.5	-714.9	-563.5	-1162.3	-1215.9	-1094.3	6920.83	15.26
Q_{illum}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	4088.64	9.01
Q_H	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	890.34	1.96
Q_C	384.4	86.0	52.7	9.7	--	--	--	--	--	--	16.9	340.6	-7555.84	-16.66
Q_{HC}	--	--	--	--	--	-2159.9	-2124.3	-1712.3	-1559.3	--	--	--	8446.18	18.62
Q_{HC}	384.4	86.0	52.7	9.7	--	2159.9	2124.3	1712.3	1559.3	--	16.9	340.6		

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

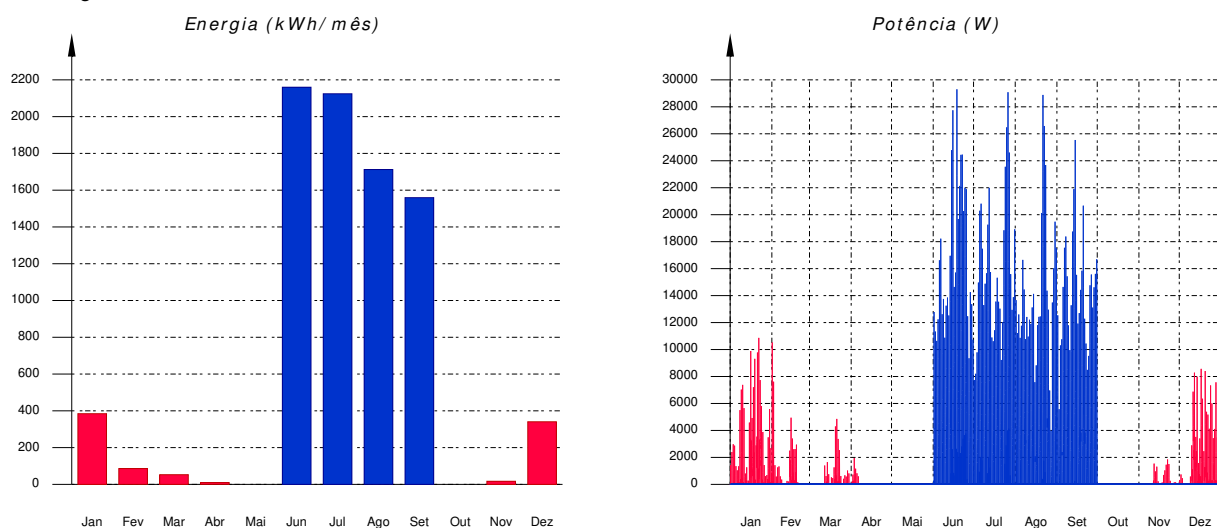
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

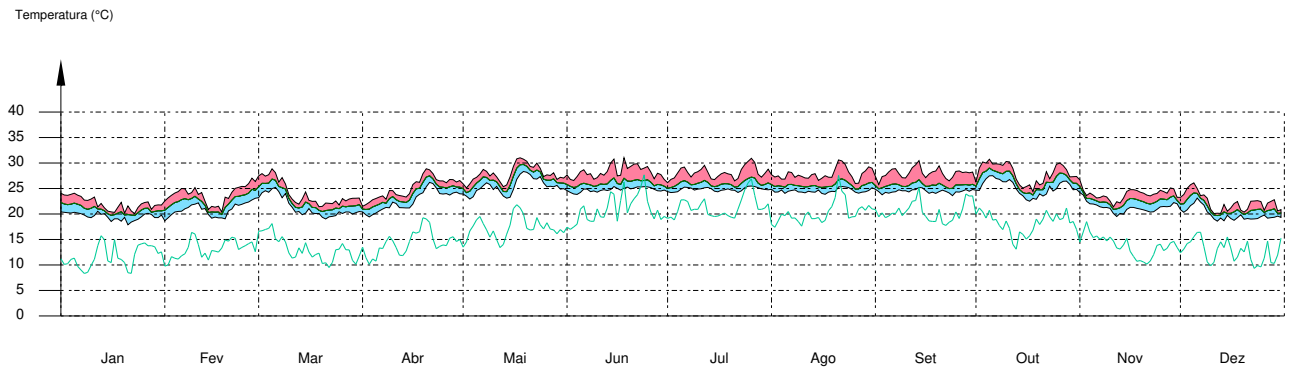


2.3.- Evolução da temperatura.

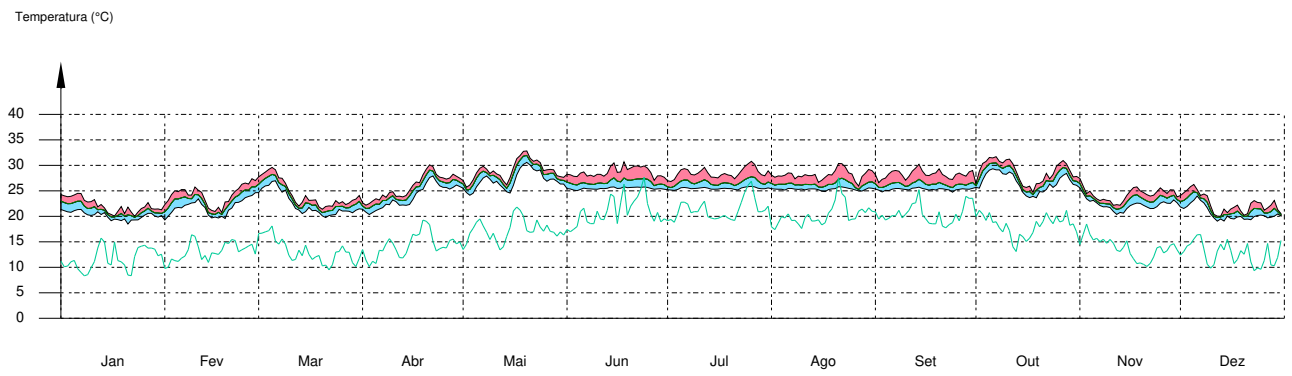
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

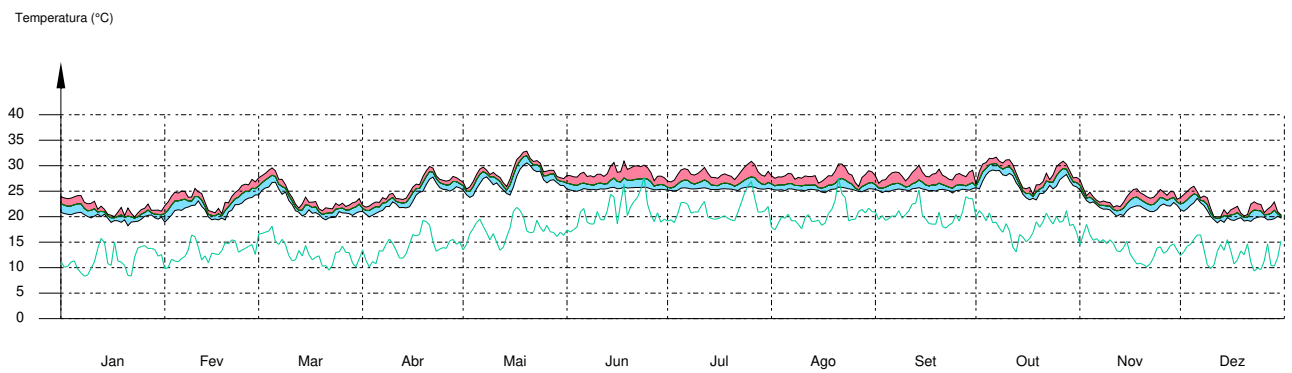
ground floor



floor 1

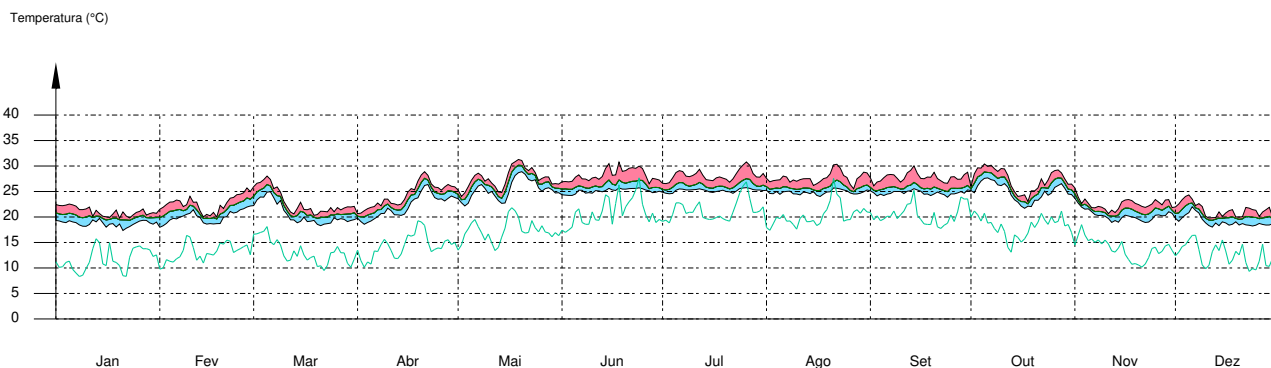


floor 2

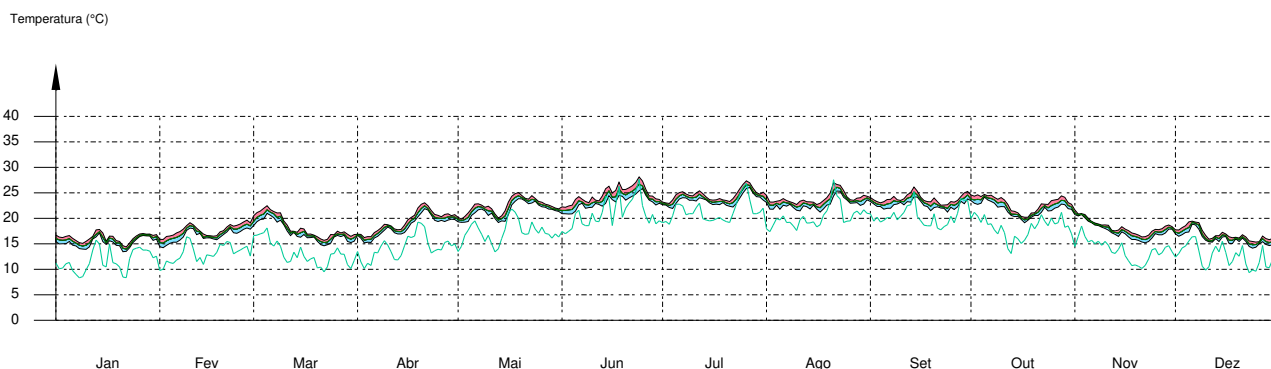


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	85.5	86.7	92.7	78.6	82.6	245.1	229.2	195.1	209.4	81.1	83.8	79.5	-4347.87	-33.34
	-458.7	-470.3	-466.0	-473.8	-531.8	-544.0	-536.0	-511.2	-520.2	-515.0	-432.9	-437.4		
Q _w	378.7	431.2	423.6	448.2	479.7	551.7	536.9	500.1	490.1	434.7	395.7	339.7	4332.1	33.22
	-121.3	-110.1	-111.5	-93.7	-96.7	-51.8	-41.2	-56.9	-62.8	-106.0	-109.5	-117.0		
Q _{ve+inf}	--	--	--	--	--	15.5	8.2	9.9	3.6	--	--	--	-2981.51	-22.86
	-345.5	-289.2	-319.4	-311.0	-319.4	-132.2	-132.7	-166.7	-129.6	-281.2	-311.1	-280.8		
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	70.9	16.0	9.3	1.1	--	--	--	--	--	--	1.4	57.1	155.74	1.19
Q _C	--	--	--	--	--	-425.8	-422.4	-345.2	-316.4	--	--	--	-1509.82	-11.58
Q _{HC}	70.9	16.0	9.3	1.1	--	425.8	422.4	345.2	316.4	--	1.4	57.1	1665.55	12.77

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	171.3	171.0	178.3	155.1	168.8	543.7	521.5	472.7	480.5	172.5	172.7	156.1	-4415.13	-35.3
	-541.4	-613.2	-598.5	-653.8	-702.7	-772.3	-754.7	-730.1	-730.7	-625.4	-545.1	-511.2		
Q_w	586.2	687.5	686.0	759.6	803.5	910.4	883.2	837.5	792.6	683.9	625.0	525.3	7158.43	57.24
	-176.1	-162.5	-166.5	-143.0	-151.9	-77.8	-63.3	-85.6	-94.4	-165.7	-164.3	-171.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	14.7	8.0	9.8	3.4	--	--	--	-3198.67	-25.57
	-350.0	-302.7	-337.0	-339.2	-362.3	-145.5	-147.1	-183.3	-142.3	-312.2	-327.9	-285.0		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{illum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	59.4	6.9	1.2	--	--	--	--	--	--	--	0.0	55.0	122.5	0.98
Q_C	--	--	--	--	--	-685.8	-670.6	-555.3	-512.7	--	--	--	-2424.44	-19.38
Q_{HC}	59.4	6.9	1.2	--	--	685.8	670.6	555.3	512.7	--	0.0	55.0	2546.95	20.36

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	154.4	158.7	168.7	147.8	164.5	540.6	515.8	449.7	453.2	166.7	160.6	141.5	-4426.24	-35.39
	-566.9	-627.5	-594.1	-616.5	-675.4	-750.4	-723.2	-683.5	-691.8	-629.2	-554.4	-535.7		
Q_w	587.6	693.3	671.6	712.7	770.8	890.1	852.0	788.3	750.7	685.0	627.5	526.3	6968.18	55.71
	-171.0	-158.1	-161.6	-139.0	-150.1	-77.7	-63.3	-85.3	-93.8	-163.2	-158.4	-166.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	14.2	7.9	9.7	3.3	--	--	--	-3122.81	-24.97
	-341.0	-293.8	-325.5	-327.2	-355.3	-145.6	-147.5	-181.5	-140.1	-306.8	-316.0	-277.6		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{illum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	85.1	13.6	3.7	--	--	--	--	--	--	--	0.3	79.5	182.17	1.46
Q_C	--	--	--	--	--	-683.9	-665.3	-532.9	-486.1	--	--	--	-2368.26	-18.94
Q_{HC}	85.1	13.6	3.7	--	--	683.9	665.3	532.9	486.1	--	0.3	79.5	2550.43	20.39

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	69.7	79.7	87.7	79.6	91.2	273.1	265.8	218.3	218.8	90.0	79.4	65.5	-2851.02	-39.02
	-395.9	-364.0	-363.5	-365.0	-391.0	-404.4	-395.0	-377.5	-388.6	-350.0	-305.5	-369.3		
Q_w	304.6	354.1	365.6	400.3	430.1	491.7	480.8	449.3	427.2	365.4	318.4	273.3	3713.53	50.82
	-103.0	-92.2	-94.6	-81.7	-89.0	-49.7	-40.2	-54.6	-59.7	-94.5	-88.6	-99.6		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	9.3	4.7	5.8	2.3	--	--	--	-1676.59	-22.94
	-193.4	-154.2	-175.0	-173.4	-185.7	-81.7	-82.2	-101.4	-77.3	-157.0	-160.6	-156.8		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{illum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	169.0	49.6	38.5	8.6	--	--	--	--	--	--	15.2	149.0	429.93	5.88
Q_C	--	--	--	--	--	-364.4	-366.0	-278.9	-244.1	--	--	--	-1253.32	-17.15
Q_{HC}	169.0	49.6	38.5	8.6	--	364.4	366.0	278.9	244.1	--	15.2	149.0	1683.25	23.04

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	102.5	92.8	114.7	109.5	116.5	79.1	69.8	78.9	71.0	102.8	99.5	93.2	1106.48	37.18
	-0.1	-0.1	-0.6	-0.1	-1.1	-9.4	-2.7	-3.8	-4.8	-1.2	--	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.4	0.8	1.7	0.4	2.3	13.9	5.1	6.6	8.1	3.1	0.1	0.8	-1106.41	-37.17
	-102.9	-92.9	-116.2	-109.3	-117.5	-83.3	-72.0	-82.0	-74.2	-105.2	-100.2	-94.1		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{illum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--		Oscilação livre
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	313.99	2.41	1344.15	10.31
floor 1	125.07	282.09	2.26	2181.37	17.44
floor 2	125.07	378.68	3.03	2118.23	16.94
floor 3	73.07	658.12	9.01	1087.99	14.89
	453.63	1632.88	3.6	6731.74	14.84

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

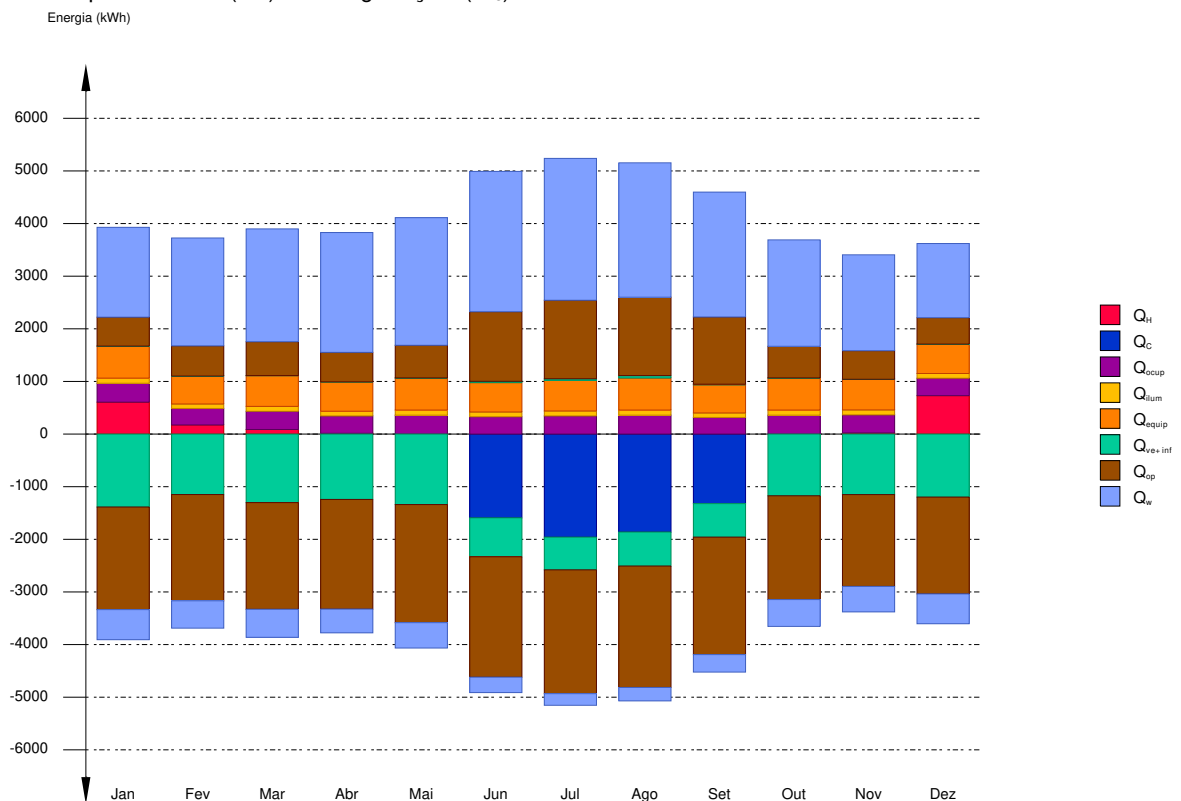
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	549.5	573.9	643.9	559.8	619.7	1322.7	1491.9	1490.1	1277.2	600.4	543.4	501.5	-14885.4	-32.81
Q_w	-1949.2	-2018.8	-2027.5	-2083.6	-2244.0	-2288.6	-2352.4	-2307.0	-2231.8	-1972.2	-1745.1	-1839.3	20922.3	46.12
Q_{ve+inf}	0.2	0.7	1.8	0.4	2.1	25.5	28.4	45.2	13.3	2.3	0.0	0.4	-12467.4	-27.48
Q_{equip}	-1386.7	-1149.1	-1302.3	-1242.3	-1339.6	-740.7	-622.0	-647.0	-637.3	-1172.8	-1149.9	-1198.1	6920.83	15.26
Q_{illum}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	4088.64	9.01
Q_H	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	1632.88	3.6
Q_C	606.5	173.1	87.2	14.7	--	--	--	--	--	--	21.4	730.1	-6731.74	-14.84
Q_{HC}	--	--	--	--	--	-1590.7	-1958.4	-1861.1	-1321.5	--	--	--	8364.63	18.44
Q_{HC}	606.5	173.1	87.2	14.7	--	1590.7	1958.4	1861.1	1321.5	--	21.4	730.1		

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

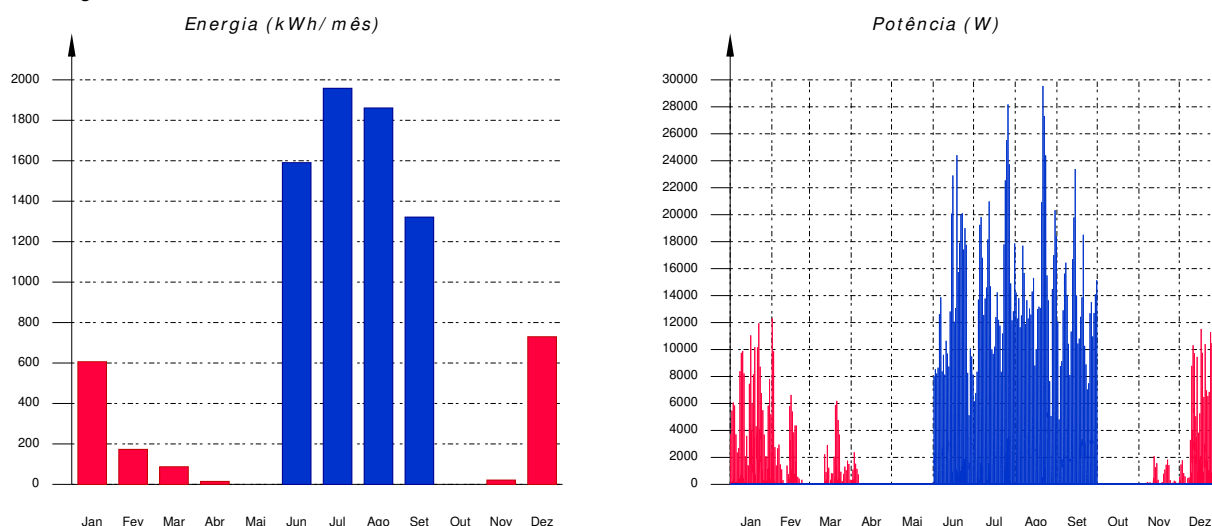
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

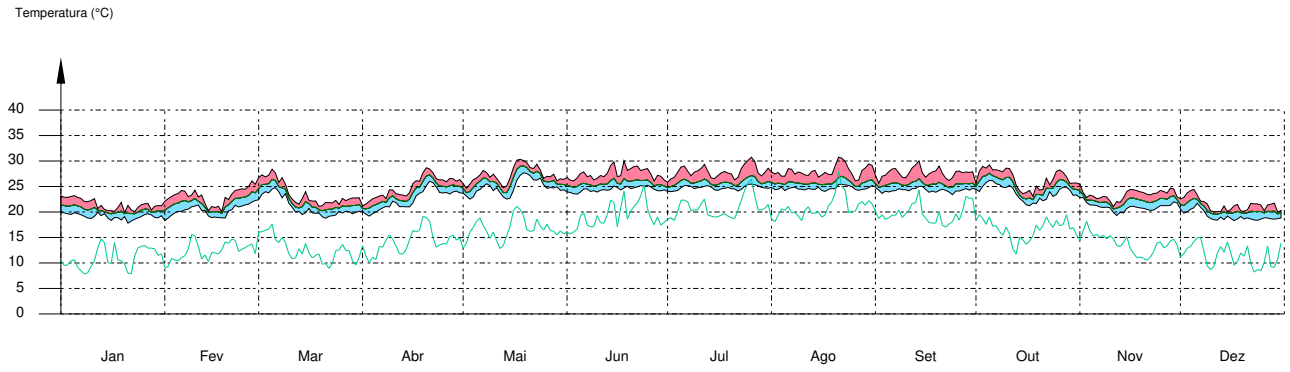


2.3.- Evolução da temperatura.

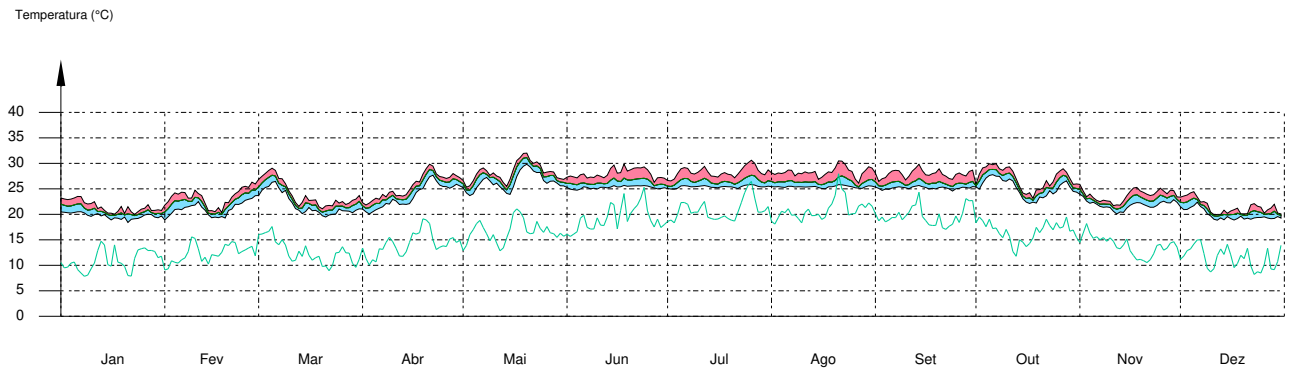
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

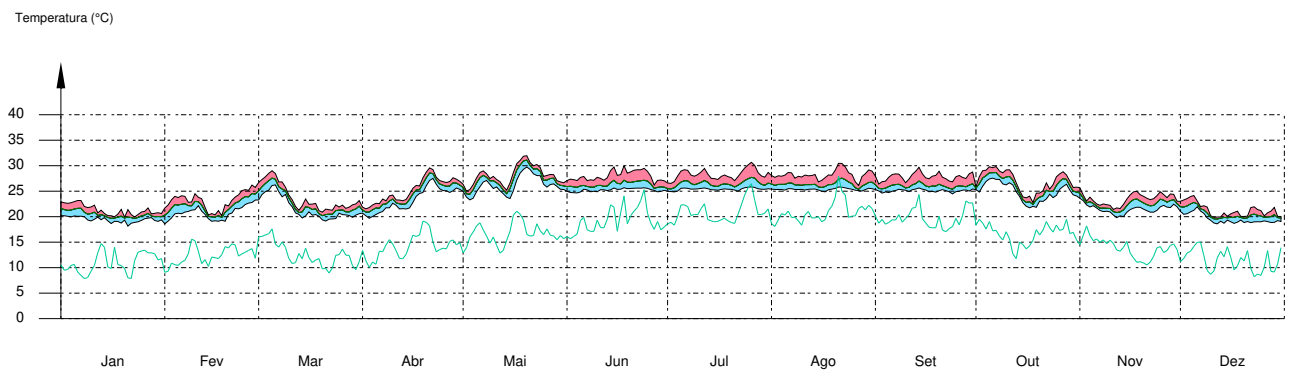
ground floor



floor 1

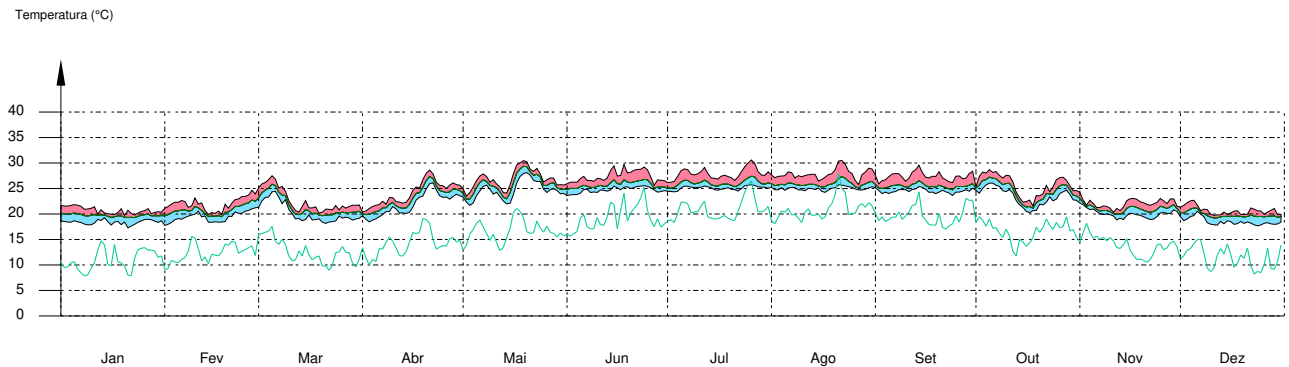


floor 2

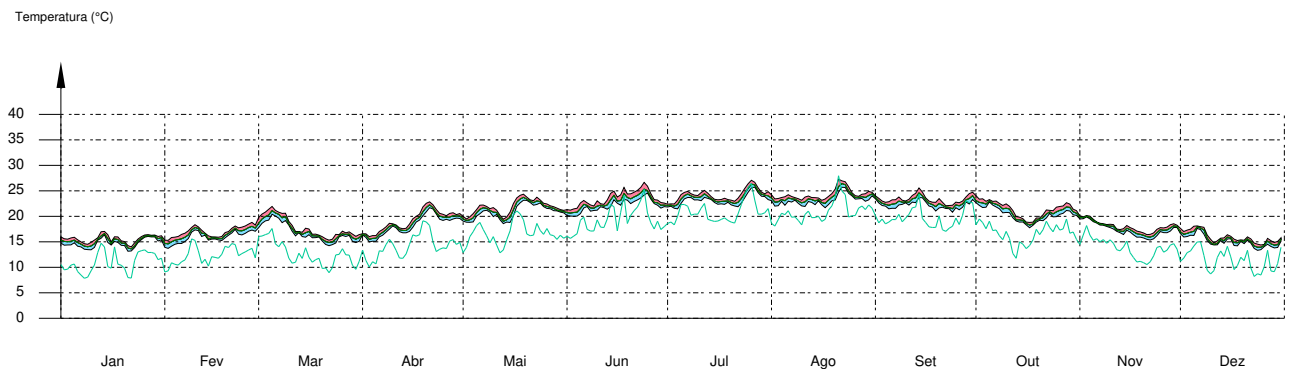


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	81.2	85.3	93.5	77.5	82.8	172.8	208.5	213.6	176.8	81.1	77.0	74.0	-4338.32	-33.26
Q _w	-458.6	-459.9	-465.6	-471.5	-521.9	-506.9	-526.4	-516.3	-499.8	-481.8	-418.6	-435.2	4105.54	31.48
Q _{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.8	6.7	10.8	2.0	--	--	--	-3093.88	-23.72
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	118.4	34.4	17.0	2.1	--	--	--	--	--	--	2.0	140.1	313.99	2.41
Q _C	--	--	--	--	--	-309.0	-389.5	-380.9	-264.7	--	--	--	-1344.15	-10.31
Q _{HC}	118.4	34.4	17.0	2.1	--	309.0	389.5	380.9	264.7	--	2.0	140.1	1658.14	12.71

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	159.8	164.3	178.9	152.3	167.3	437.3	488.3	492.6	433.1	167.3	156.8	141.6	-4334.94	-34.66
	-522.0	-586.5	-596.5	-642.4	-681.8	-709.5	-733.8	-727.5	-696.5	-579.1	-512.9	-486.1		
Q_w	539.8	650.8	685.4	743.7	781.3	848.6	862.5	828.1	763.3	636.9	578.9	445.4	6754.13	54
	-174.5	-160.9	-165.4	-141.0	-150.2	-88.3	-67.2	-77.5	-100.8	-159.4	-152.6	-173.0		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.6	6.6	10.7	1.8	--	--	--	-3280.39	-26.23
	-360.6	-304.3	-342.5	-333.9	-361.1	-186.1	-157.7	-165.3	-161.4	-313.3	-309.5	-308.3		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	106.7	22.8	4.0	--	--	--	--	--	--	--	0.2	148.4	282.09	2.26
Q_C	--	--	--	--	--	-520.4	-622.1	-594.8	-444.0	--	--	--	-2181.37	-17.44
Q_{HC}	106.7	22.8	4.0	--	--	520.4	622.1	594.8	444.0	--	0.2	148.4	2463.46	19.7

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	141.6	152.8	168.9	144.9	162.5	427.9	480.7	472.5	404.7	160.4	145.2	127.0	-4395.36	-35.14
	-554.7	-605.3	-593.2	-607.3	-657.1	-690.7	-703.8	-682.2	-660.2	-584.0	-522.1	-523.8		
Q_w	540.5	655.8	670.9	699.1	750.6	829.5	832.3	780.6	723.7	637.8	581.1	445.8	6570.31	52.53
	-170.3	-156.7	-160.6	-136.9	-148.0	-88.1	-67.2	-77.2	-100.2	-156.3	-146.8	-169.0		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	4.4	6.5	10.6	1.7	--	--	--	-3205.86	-25.63
	-353.6	-296.0	-331.4	-321.8	-353.3	-185.4	-157.7	-164.0	-158.8	-306.2	-297.8	-303.0		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	144.4	34.8	8.6	0.0	--	--	--	--	--	--	0.7	190.2	378.68	3.03
Q_C	--	--	--	--	--	-511.8	-614.9	-575.1	-416.4	--	--	--	-2118.23	-16.94
Q_{HC}	144.4	34.8	8.6	0.0	--	511.8	614.9	575.1	416.4	--	0.7	190.2	2496.92	19.96

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	60.7	76.8	84.9	77.4	90.0	195.7	241.6	238.2	185.2	86.5	71.5	56.8	-2954.63	-40.43
	-413.9	-367.1	-371.5	-362.3	-382.2	-376.3	-385.9	-377.2	-371.4	-326.5	-291.5	-394.2		
Q_w	278.4	334.1	364.3	392.7	420.3	461.2	470.9	445.3	411.4	341.2	294.7	229.7	3492.33	47.79
	-105.5	-92.7	-95.0	-80.6	-87.7	-56.5	-42.8	-49.4	-63.9	-90.3	-82.4	-104.9		
Q_{ve+inf}	--	--	--	--	--	2.9	3.8	6.4	1.2	--	--	--	-1749.53	-23.94
	-206.5	-159.7	-181.5	-171.2	-184.9	-104.8	-88.3	-91.5	-88.3	-157.4	-152.4	-177.3		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	236.9	81.1	57.6	12.6	--	--	--	--	--	--	18.5	251.4	658.12	9.01
Q_C	--	--	--	--	--	-249.5	-331.9	-310.3	-196.4	--	--	--	-1087.99	-14.89
Q_{HC}	236.9	81.1	57.6	12.6	--	249.5	331.9	310.3	196.4	--	18.5	251.4	1746.11	23.9

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	106.2	94.7	117.8	107.6	117.1	88.9	72.8	73.1	77.4	105.1	92.9	102.1	1137.81	38.23
	-0.0	-0.1	-0.7	-0.1	-1.0	-5.2	-2.5	-3.9	-3.7	-0.9	--	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.2	0.7	1.8	0.4	2.1	8.9	4.8	6.8	6.6	2.3	0.0	0.4	-1137.77	-38.23
	-106.4	-94.8	-119.2	-107.3	-118.1	-92.3	-74.8	-76.2	-80.3	-107.3	-93.3	-102.7		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _u = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	3359.5	2142.4	1550.6	832.3	129.2	--	--	--	--	528.0	1925.4	3212.5	13679.8	30.2
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	1200.9	1692.9	1705.8	724.7	--	--	--	5324.3	11.7
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	3557.1	2317.2	1740.1	1011.8	306.6	1364.7	1854.2	1867.1	884.6	705.4	2108.8	3406.1	21123.7	46.6

onde:

S_u: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{esp}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S _u = 130.42 m ² ; V = 445.29 m ³)															
Necessidade energética	Aquecimento	732.6	471.6	340.6	184.2	29.6	--	--	--	--	107.6	407.8	700.0	2974.2	22.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	245.0	369.7	368.3	160.1	--	--	--	1143.2	8.8
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	782.0	515.3	388.0	229.1	74.0	285.9	410.1	408.6	200.1	152.0	453.7	748.4	4647.3	35.6
Energia útil proporcionada	Aquecimento	732.6	471.6	340.6	184.2	29.6	--	--	--	--	107.6	407.8	700.0	2974.2	22.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	245.0	369.7	368.3	160.1	--	--	--	1143.2	8.8
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	782.0	515.3	388.0	229.1	74.0	285.9	410.1	408.6	200.1	152.0	453.7	748.4	4647.3	35.6	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	838.7	495.3	344.2	163.0	13.5	--	--	--	--	105.5	457.9	802.9	3221.0	25.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	387.7	515.8	528.3	234.3	--	--	--	1666.1	13.3
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	888.1	539.0	391.5	207.9	57.9	428.7	556.1	568.7	274.3	149.8	503.8	851.3	5417.1	43.3
Energia útil proporcionada	Aquecimento	838.7	495.3	344.2	163.0	13.5	--	--	--	--	105.5	457.9	802.9	3221.0	25.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	387.7	515.8	528.3	234.3	--	--	--	1666.1	13.3
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	888.1	539.0	391.5	207.9	57.9	428.7	556.1	568.7	274.3	149.8	503.8	851.3	5417.1	43.3	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	947.7	580.0	421.4	219.9	23.7	--	--	--	--	135.9	537.1	908.3	3774.0	30.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	376.9	507.4	510.4	210.8	--	--	--	1605.5	12.8
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	997.1	623.7	468.8	264.8	68.0	417.9	547.7	550.7	250.8	180.3	583.0	956.7	5909.4	47.2
Energia útil proporcionada	Aquecimento	947.7	580.0	421.4	219.9	23.7	--	--	--	--	135.9	537.1	908.3	3774.0	30.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	376.9	507.4	510.4	210.8	--	--	--	1605.5	12.8
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	997.1	623.7	468.8	264.8	68.0	417.9	547.7	550.7	250.8	180.3	583.0	956.7	5909.4	47.2	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	840.5	595.4	444.5	265.1	62.3	--	--	--	--	178.9	522.5	801.3	3710.6	50.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	191.3	300.0	298.8	119.4	--	--	--	909.5	12.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	889.9	639.2	491.8	310.0	106.7	232.3	340.3	339.1	159.4	223.3	568.3	849.7	5150.0	70.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	840.5	595.4	444.5	265.1	62.3	--	--	--	--	178.9	522.5	801.3	3710.6	50.8
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	191.3	300.0	298.8	119.4	--	--	--	909.5	12.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	889.9	639.2	491.8	310.0	106.7	232.3	340.3	339.1	159.4	223.3	568.3	849.7	5150.0	70.5	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	2974.2	22.8	1143.2	8.8
floor 1	125.07	3221.0	25.8	1666.1	13.3
floor 2	125.07	3774.0	30.2	1605.5	12.8
floor 3	73.07	3710.6	50.8	909.5	12.4
	453.63	13679.8	30.2	5324.3	11.7

onde:

Consumo energético

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sys}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _u = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	2697.5	1622.6	1167.6	795.9	20.0	--	--	--	--	305.0	1560.6	2824.2	10993.5	24.2
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2476.0	2446.4	2610.5	1128.9	--	--	--	8661.8	19.1
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	2895.1	1797.4	1357.1	975.4	197.4	2639.9	2607.7	2771.7	1288.8	482.5	1744.1	3017.8	21774.9	48.0

onde:

S_u: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{esp}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	575.1	363.7	248.7	171.4	3.4	--	--	--	--	60.0	323.4	605.4	2351.3	18.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	500.5	547.4	551.9	252.5	--	--	--	1852.3	14.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	624.5	407.5	296.1	216.3	47.7	541.5	587.7	592.3	292.5	104.4	369.3	653.8	4733.5	36.3
Energia útil proporcionada	Aquecimento	575.1	363.7	248.7	171.4	3.4	--	--	--	--	60.0	323.4	605.4	2351.3	18.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	500.5	547.4	551.9	252.5	--	--	--	1852.3	14.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.0	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	624.5	407.5	296.1	216.3	47.7	541.5	587.7	592.3	292.5	104.4	369.3	653.8	4733.5	36.3	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	670.7	351.2	259.3	164.2	--	--	--	--	--	63.8	371.9	704.5	2585.7	20.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	781.9	719.8	806.9	344.2	--	--	--	2652.8	21.2
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	720.1	394.9	306.7	209.1	44.3	822.8	760.1	847.2	384.2	108.1	417.7	752.9	5768.3	46.1
Energia útil proporcionada	Aquecimento	670.7	351.2	259.3	164.2	--	--	--	--	--	63.8	371.9	704.5	2585.7	20.7
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	781.9	719.8	806.9	344.2	--	--	--	2652.8	21.2
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	720.1	394.9	306.7	209.1	44.3	822.8	760.1	847.2	384.2	108.1	417.7	752.9	5768.3	46.1	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	767.3	416.2	321.5	217.2	0.1	--	--	--	--	81.3	439.2	803.6	3046.4	24.4
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	776.5	719.7	795.5	325.4	--	--	--	2617.1	20.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	816.7	459.9	368.9	262.0	44.5	817.5	760.0	835.8	365.4	125.7	485.1	852.0	6193.3	49.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	767.3	416.2	321.5	217.2	0.1	--	--	--	--	81.3	439.2	803.6	3046.4	24.4
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	776.5	719.7	795.5	325.4	--	--	--	2617.1	20.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	816.7	459.9	368.9	262.0	44.5	817.5	760.0	835.8	365.4	125.7	485.1	852.0	6193.3	49.5	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	684.5	491.4	338.0	243.1	16.5	--	--	--	--	99.9	426.1	710.7	3010.2	41.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	417.2	459.5	456.2	206.7	--	--	--	1539.6	21.1
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	733.9	535.1	385.4	287.9	60.8	458.1	499.9	496.5	246.7	144.3	472.0	759.1	5079.7	69.5
Energia útil proporcionada	Aquecimento	684.5	491.4	338.0	243.1	16.5	--	--	--	--	99.9	426.1	710.7	3010.2	41.2
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	417.2	459.5	456.2	206.7	--	--	--	1539.6	21.1
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	733.9	535.1	385.4	287.9	60.8	458.1	499.9	496.5	246.7	144.3	472.0	759.1	5079.7	69.5	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	2351.3	18.0	1852.3	14.2
floor 1	125.07	2585.7	20.7	2652.8	21.2
floor 2	125.07	3046.4	24.4	2617.1	20.9
floor 3	73.07	3010.2	41.2	1539.6	21.1
	453.63	10993.5	24.2	8661.8	19.1

onde:

Consumo energético

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sys}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _u = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	2636.4	1349.7	1180.8	583.6	1.4	--	--	--	--	292.2	1546.0	2524.8	10114.8	22.3
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2924.9	2631.6	2548.1	1300.4	--	--	--	9405.0	20.7
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	2833.9	1524.5	1370.3	763.1	178.8	3088.8	2792.8	2709.4	1460.4	469.6	1729.4	2718.3	21639.5	47.7

onde:

S_u: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{esp}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S_u = 130.42 m²; V = 445.29 m³)															
Necessidade energética	Aquecimento	561.3	297.2	249.8	125.5	0.1	--	--	--	--	57.1	321.3	535.5	2147.9	16.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	595.3	589.1	538.5	290.4	--	--	--	2013.3	15.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	610.7	340.9	297.2	170.4	44.4	636.3	629.4	578.8	330.4	101.4	367.1	583.9	4691.1	36.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	561.3	297.2	249.8	125.5	0.1	--	--	--	--	57.1	321.3	535.5	2147.9	16.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	595.3	589.1	538.5	290.4	--	--	--	2013.3	15.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	610.7	340.9	297.2	170.4	44.4	636.3	629.4	578.8	330.4	101.4	367.1	583.9	4691.1	36.0	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	654.7	290.5	264.4	114.9	--	--	--	--	--	60.4	367.4	627.0	2379.3	19.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	911.4	771.0	788.6	392.7	--	--	--	2863.6	22.9
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	704.1	334.2	311.8	159.7	44.3	952.3	811.3	828.9	432.7	104.7	413.3	675.4	5772.8	46.2
Energia útil proporcionada	Aquecimento	654.7	290.5	264.4	114.9	--	--	--	--	--	60.4	367.4	627.0	2379.3	19.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	911.4	771.0	788.6	392.7	--	--	--	2863.6	22.9
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	704.1	334.2	311.8	159.7	44.3	952.3	811.3	828.9	432.7	104.7	413.3	675.4	5772.8	46.2	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	750.0	345.0	326.4	156.5	--	--	--	--	--	77.8	434.5	719.7	2809.8	22.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	911.0	773.5	776.7	375.8	--	--	--	2837.0	22.7
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	799.4	388.7	373.8	201.4	44.3	951.9	813.8	817.0	415.8	122.2	480.3	768.0	6176.7	49.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	750.0	345.0	326.4	156.5	--	--	--	--	--	77.8	434.5	719.7	2809.8	22.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	911.0	773.5	776.7	375.8	--	--	--	2837.0	22.7
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	799.4	388.7	373.8	201.4	44.3	951.9	813.8	817.0	415.8	122.2	480.3	768.0	6176.7	49.4	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	670.3	416.9	340.1	186.7	1.3	--	--	--	--	96.9	422.8	642.6	2777.8	38.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	507.2	498.0	444.4	241.5	--	--	--	1691.1	23.1
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	719.7	460.6	387.5	231.6	45.7	548.2	538.3	484.7	281.5	141.3	468.7	691.0	4998.8	68.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	670.3	416.9	340.1	186.7	1.3	--	--	--	--	96.9	422.8	642.6	2777.8	38.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	507.2	498.0	444.4	241.5	--	--	--	1691.1	23.1
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	719.7	460.6	387.5	231.6	45.7	548.2	538.3	484.7	281.5	141.3	468.7	691.0	4998.8	68.4	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	2147.9	16.5	2013.3	15.4
floor 1	125.07	2379.3	19.0	2863.6	22.9
floor 2	125.07	2809.8	22.5	2837.0	22.7
floor 3	73.07	2777.8	38.0	1691.1	23.1
	453.63	10114.8	22.3	9405.0	20.7

onde:

Consumo energético

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sys}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	2
1.1.- Resultados mensais.....	2
1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.....	2
1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês....	3
2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	3
2.1.- Necessidade energética do edifício.....	3
2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.....	3
2.1.2.- Necessidade energética de AQS.....	4
2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.....	4

Consumo energético

1.- RESULTADOS DO CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO

1.1.- Resultados mensais.

1.1.1.- Consumo energético anual do edifício.

		Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano	
														(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
EDIFÍCIO (S _u = 453.63 m ² ; V = 1591.82 m ³)															
	Aquecimento	2819.9	1550.7	1240.1	625.2	16.7	--	--	--	--	397.6	1508.1	2863.6	11021.9	24.3
Necessidade energética	Arrefecimento	--	--	--	--	--	2133.3	2376.0	2707.4	928.2	--	--	--	8144.8	18.0
	AQS	197.6	174.8	189.5	179.5	177.4	163.9	161.3	161.3	160.0	177.4	183.4	193.6	2119.7	4.7
	TOTAL	3017.5	1725.5	1429.7	804.6	194.1	2297.1	2537.2	2868.7	1088.2	575.0	1691.6	3057.2	21286.4	46.9

onde:

S_u: Superfície habitável do edifício, m².

V: Volume neto habitável do edifício, m³.

f_{esp}: Factor de conversão de energia final a energia primária procedente de fontes não renováveis.

EF: Energia final consumida pelo sistema em ponto de consumo, kWh.

EP: Consumo energético de energia primária, kWh.

EP_{nr}: Consumo energético de energia primária de origem não renovável, kWh.

C_{ef,totai}: Consumo energético total de energia em ponto de consumo, kWh/m²-ano.

C_{ep}: Consumo energético total de energia primária, kWh/m²-ano.

C_{ep,nr}: Consumo energético total de energia primária de origem não renovável, kWh/m²-ano.

Consumo energético

1.1.2.- Necessidade energética e energia útil proporcionada por zona habitável e mês

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh-ano)	(kWh/m ² -ano)
ground floor (S _u = 130.42 m ² ; V = 445.29 m ³)															
Necessidade energética	Aquecimento	601.7	344.0	263.9	134.0	2.7	--	--	--	--	78.4	312.2	613.2	2350.2	18.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	430.5	533.0	572.1	206.1	--	--	--	1741.8	13.4
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.1
	TOTAL	651.1	387.7	311.3	178.9	47.0	471.5	573.3	612.5	246.1	122.7	358.1	661.6	4621.9	35.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	601.7	344.0	263.9	134.0	2.7	--	--	--	--	78.4	312.2	613.2	2350.2	18.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	430.5	533.0	572.1	206.1	--	--	--	1741.8	13.4
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.6
TOTAL	651.1	387.7	311.3	178.9	47.0	471.5	573.3	612.5	246.1	122.7	358.1	661.6	4621.9	35.4	

floor 1 (S_u = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	706.2	338.7	279.7	124.9	--	--	--	--	--	83.3	358.4	719.6	2610.7	20.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	681.3	699.7	834.4	287.2	--	--	--	2502.7	20.0
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	755.6	382.4	327.0	169.8	44.3	722.3	740.0	874.8	327.2	127.6	404.2	768.0	5643.3	45.1
Energia útil proporcionada	Aquecimento	706.2	338.7	279.7	124.9	--	--	--	--	--	83.3	358.4	719.6	2610.7	20.9
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	681.3	699.7	834.4	287.2	--	--	--	2502.7	20.0
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	755.6	382.4	327.0	169.8	44.3	722.3	740.0	874.8	327.2	127.6	404.2	768.0	5643.3	45.1	

floor 2 (S_u = 125.07 m²; V = 440.5 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	803.4	400.9	343.0	168.4	0.1	--	--	--	--	105.3	424.0	816.6	3061.8	24.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	671.8	699.1	824.8	268.5	--	--	--	2464.1	19.7
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	4.2
	TOTAL	852.8	444.6	390.4	213.3	44.5	712.7	739.4	865.1	308.5	149.7	469.8	865.0	6055.8	48.4
Energia útil proporcionada	Aquecimento	803.4	400.9	343.0	168.4	0.1	--	--	--	--	105.3	424.0	816.6	3061.8	24.5
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	671.8	699.1	824.8	268.5	--	--	--	2464.1	19.7
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	2.5
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	1.7
TOTAL	852.8	444.6	390.4	213.3	44.5	712.7	739.4	865.1	308.5	149.7	469.8	865.0	6055.8	48.4	

floor 3 (S_u = 73.07 m²; V = 262.13 m³)

Necessidade energética	Aquecimento	708.5	467.1	353.5	197.9	14.0	--	--	--	--	130.6	413.6	714.2	2999.2	41.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	349.6	444.2	476.1	166.4	--	--	--	1436.2	19.7
	AQS	49.4	43.7	47.4	44.9	44.3	41.0	40.3	40.3	40.0	44.4	45.9	48.4	529.9	7.3
	TOTAL	757.9	510.8	400.8	242.7	58.3	390.6	484.5	516.4	206.4	175.0	459.4	762.6	4965.4	68.0
Energia útil proporcionada	Aquecimento	708.5	467.1	353.5	197.9	14.0	--	--	--	--	130.6	413.6	714.2	2999.2	41.0
	Arrefecimento	--	--	--	--	--	349.6	444.2	476.1	166.4	--	--	--	1436.2	19.7
	AQS _{sol}	29.6	26.2	28.4	26.9	26.6	24.6	24.2	24.2	24.0	26.6	27.5	29.0	317.9	4.4
	AQS _{sis}	19.8	17.5	19.0	17.9	17.7	16.4	16.1	16.1	16.0	17.7	18.3	19.4	212.0	2.9
TOTAL	757.9	510.8	400.8	242.7	58.3	390.6	484.5	516.4	206.4	175.0	459.4	762.6	4965.4	68.0	

onde:

S_u: Superfície útil da zona habitável, m².

V: Volume neto da zona habitável, m³.

AQS_{sol}: Energia solar útil proporcionada, kWh.

AQS_{sis}: Energia útil proporcionada pelo sistema, kWh.

2.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

2.1.- Necessidade energética do edifício.

2.1.1.- Necessidade energética de aquecimento e refrigeração.

Zonas habitáveis	S _u (m ²)	D _{aquec} (kWh-ano)	D _{aquec} (kWh/m ² -ano)	D _{ref} (kWh-ano)	D _{ref} (kWh/m ² -ano)
ground floor	130.42	2350.2	18.0	1741.8	13.4
floor 1	125.07	2610.7	20.9	2502.7	20.0
floor 2	125.07	3061.8	24.5	2464.1	19.7
floor 3	73.07	2999.2	41.0	1436.2	19.7
	453.63	11021.9	24.3	8144.8	18.0

onde:

Consumo energético

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, $kWh\cdot ano$.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.1.2.- Necessidade energética de AQS.

O salto térmico utilizado no cálculo da energia térmica necessária realiza-se entre uma temperatura de referência definida na zona, e a temperatura da água de rede na localização do edifício projectado, de valores:

	Jan (°C)	Fev (°C)	Mar (°C)	Abr (°C)	Mai (°C)	Jun (°C)	Jul (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Out (°C)	Nov (°C)	Dez (°C)
Temperatura da água de rede	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

Mostram-se seguidamente os resultados do cálculo da necessidade energética de AQS para cada zona habitável do edifício, junto com as necessidades diárias, a percentagem da necessidade coberta por energia renovável, e a restante a satisfazer através de energias não renováveis.

Zonas habitáveis	Q_{AQS} (l/dia)	T_{ref} (°C)	S_u (m^2)	D_{AQS} ($kWh\cdot ano$)	D_{AQS} ($kWh/m^2\cdot ano$)	$\%_{AS}$ (%)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh\cdot ano$)	$D_{AQS,sys}$ ($kWh/m^2\cdot ano$)
ground floor	28.0	60.0	130.42	529.9	4.1	60.0	212.0	1.6
floor 1	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 2	28.0	60.0	125.07	529.9	4.2	60.0	212.0	1.7
floor 3	28.0	60.0	73.07	529.9	7.3	60.0	212.0	2.9
	112.0		453.63	2119.7	4.7		847.9	1.9

onde:

Q_{AQS} : Caudal diário necessário de água quente sanitária, l/dia.

T_{ref} : Temperatura de referência, °C.

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

D_{AQS} : Necessidade energética correspondente ao serviço de água quente sanitária, $kWh/m^2\cdot ano$.

$\%_{AS}$: Percentagem coberta por energia solar da necessidade energética de água quente sanitária, %.

$D_{AQS,sys}$: Necessidade energética de AQS coberta pelo sistema, $kWh/m^2\cdot ano$.

2.2.- Factores de conversão de energia final a energia primária utilizados.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ m^2 ·ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	2974.19	22.81	1143.16	8.77
floor 1	125.07	3221.01	25.75	1666.14	13.32
floor 2	125.07	3774.01	30.17	1605.5	12.84
floor 3	73.07	3710.59	50.78	909.48	12.45
	453.63	13679.8	30.16	5324.28	11.74

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

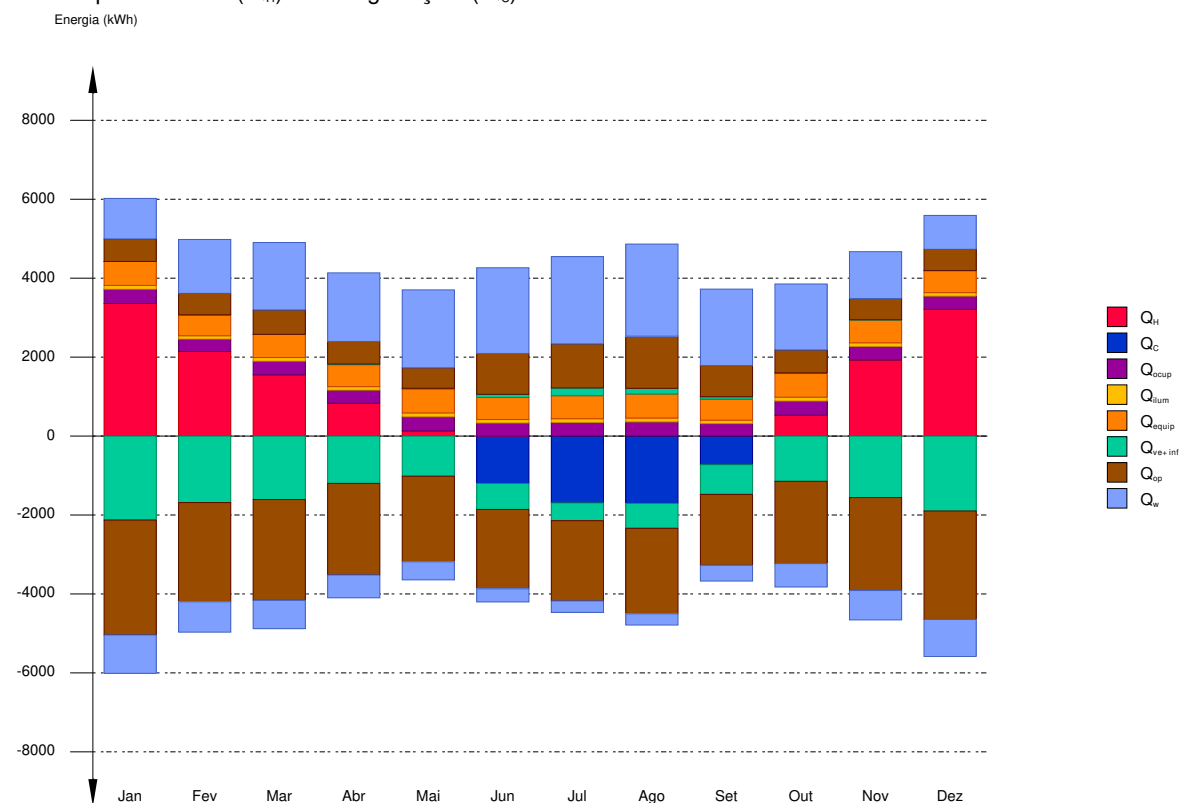
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	Ano (kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	569.8	543.9	617.4	571.4	518.6	1035.1	1117.5	1321.0	790.6	580.7	538.2	538.8	-18913.4	-41.69
Q_w	1026.6	1365.6	1707.6	1738.4	1973.8	2171.9	2210.3	2333.3	1936.3	1671.8	1186.9	858.9	13098.9	28.88
Q_{ve+inf}	0.2	0.2	4.6	15.9	17.3	80.8	196.2	145.0	62.2	7.6	1.8	0.1	-14205.1	-31.31
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	3359.5	2142.4	1550.6	832.3	129.2	--	--	--	--	528.0	1925.4	3212.5	13679.8	30.16
Q_C	--	--	--	--	--	-1200.9	-1692.9	-1705.8	-724.7	--	--	--	-5324.28	-11.74
Q_{HC}	3359.5	2142.4	1550.6	832.3	129.2	1200.9	1692.9	1705.8	724.7	528.0	1925.4	3212.5	19004.1	41.89

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

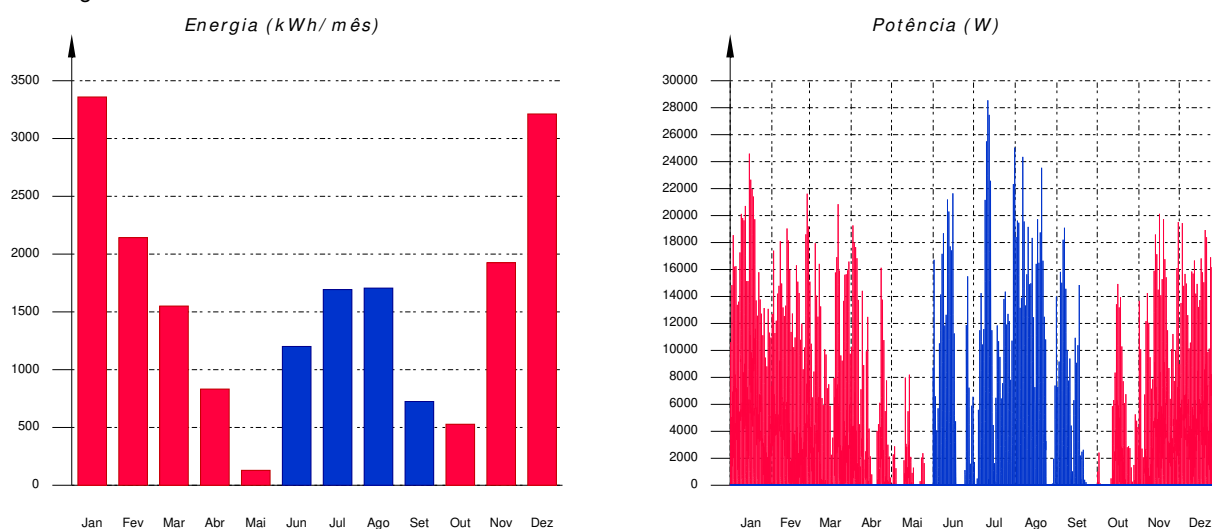
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

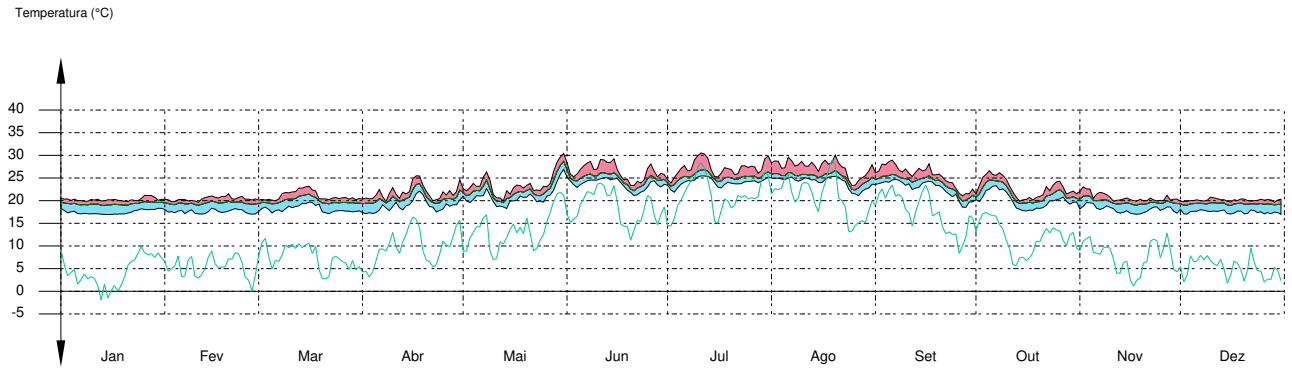


2.3.- Evolução da temperatura.

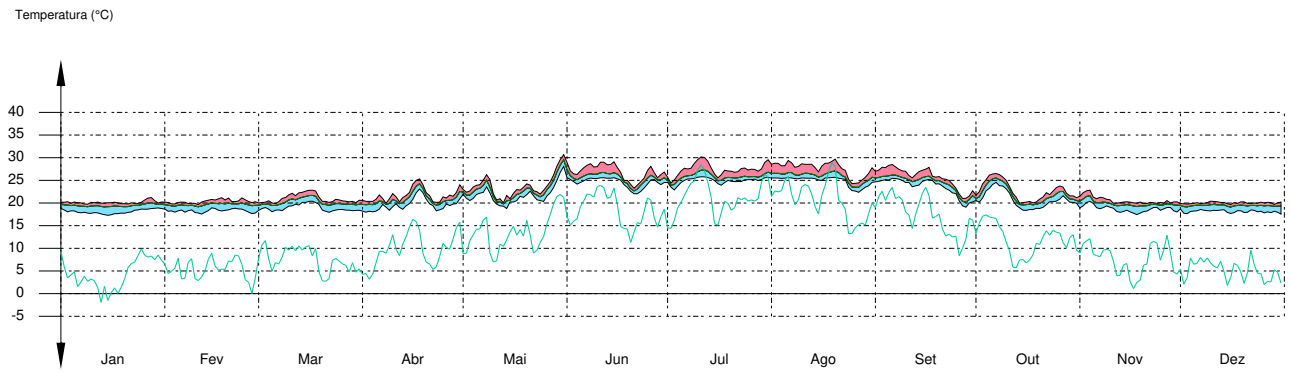
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

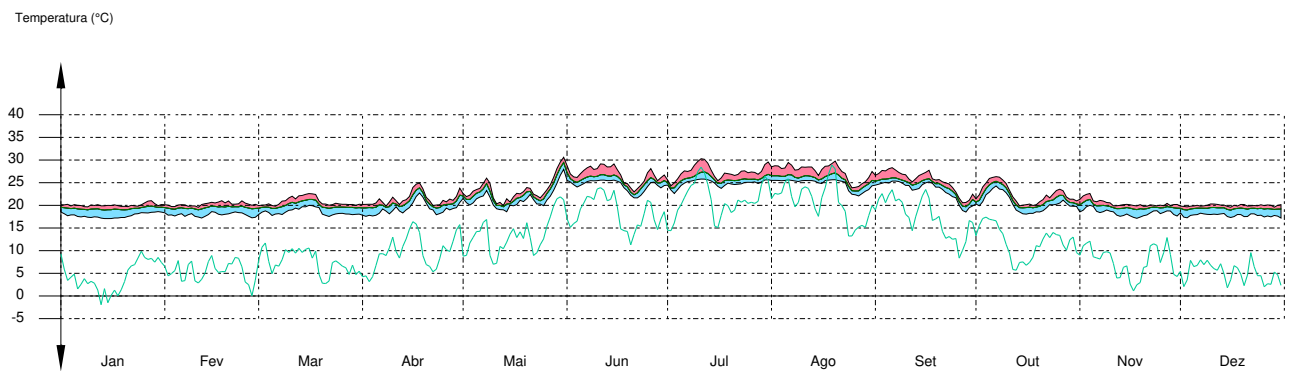
ground floor



floor 1

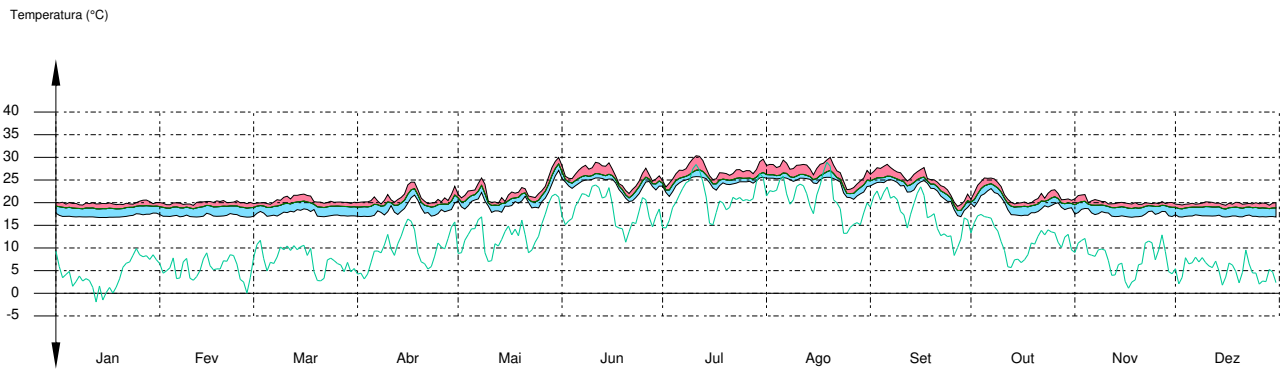


floor 2

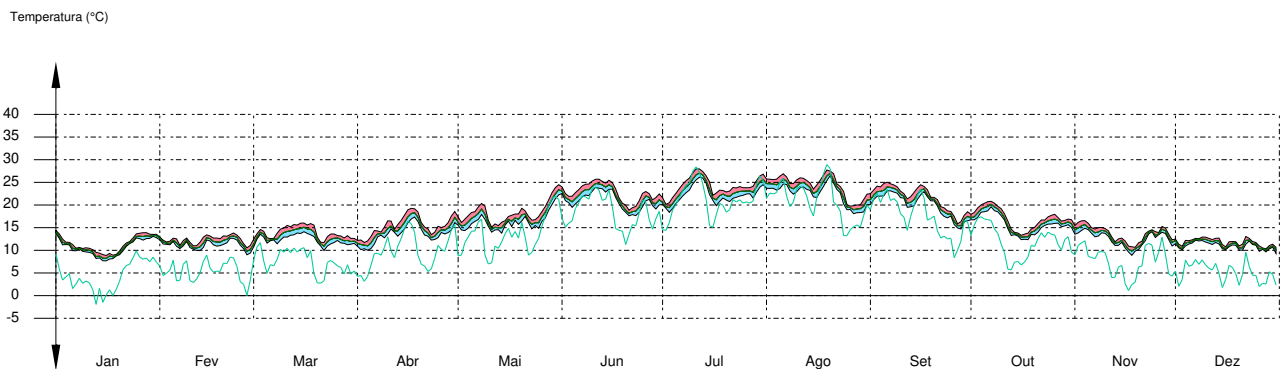


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	83.8	81.8	97.4	90.9	75.8	140.0	160.1	196.3	111.3	89.8	83.2	80.1	-5261.31	-40.34
Q _w	-680.6	-581.5	-601.1	-557.2	-522.4	-466.9	-480.7	-496.7	-437.3	-519.8	-563.6	-644.1	2625.75	20.13
Q _{ve+inf}	--	--	--	0.3	0.3	17.6	46.5	33.6	12.7	--	--	--	-3590.27	-27.53
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	732.6	471.6	340.6	184.2	29.6	--	--	--	--	107.6	407.8	700.0	2974.19	22.81
Q _C	--	--	--	--	--	-245.0	-369.7	-368.3	-160.1	--	--	--	-1143.16	-8.77
Q _{HC}	732.6	471.6	340.6	184.2	29.6	245.0	369.7	368.3	160.1	107.6	407.8	700.0	4117.35	31.57

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	143.1	141.0	159.9	150.3	138.4	331.4	353.1	422.2	248.2	158.8	139.4	129.7	-4875.52	-38.98
	-705.9	-623.3	-647.9	-613.9	-618.3	-603.2	-605.6	-665.8	-524.7	-543.6	-578.1	-660.7		
Q_w	307.2	426.8	529.0	551.6	629.5	689.1	694.4	749.4	601.3	503.8	358.3	258.3	4171.21	33.35
	-290.0	-230.0	-214.8	-173.9	-139.7	-100.8	-87.9	-86.9	-122.1	-179.8	-222.3	-279.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	0.5	0.3	17.2	46.0	33.3	12.7	0.0	--	--	-3645.87	-29.15
	-547.6	-430.1	-409.9	-302.6	-263.6	-164.2	-109.1	-159.5	-192.7	-293.3	-397.2	-486.1		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	838.7	495.3	344.2	163.0	13.5	--	--	--	--	105.5	457.9	802.9	3221.01	25.75
Q_C	--	--	--	--	--	-387.7	-515.8	-528.3	-234.3	--	--	--	-1666.14	-13.32
Q_{HC}	838.7	495.3	344.2	163.0	13.5	387.7	515.8	528.3	234.3	105.5	457.9	802.9	4887.15	39.08

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	132.5	126.1	146.6	138.5	130.5	321.1	346.6	405.1	225.2	147.4	127.2	123.4	-5376.81	-42.99
	-812.5	-704.6	-710.4	-630.3	-605.9	-586.8	-578.0	-620.5	-496.3	-581.0	-654.5	-766.2		
Q_w	307.5	431.7	518.3	510.2	600.3	668.0	662.9	698.1	562.2	509.8	360.1	257.9	3989.84	31.9
	-287.0	-227.5	-211.5	-170.2	-136.3	-100.0	-87.6	-86.0	-119.6	-175.7	-219.4	-276.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	0.8	0.3	16.9	45.3	32.9	12.8	0.1	--	--	-3590.89	-28.71
	-544.1	-427.1	-405.5	-295.4	-253.4	-161.3	-107.6	-156.1	-186.4	-286.2	-393.8	-483.1		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	947.7	580.0	421.4	219.9	23.7	--	--	--	--	135.9	537.1	908.3	3774.01	30.17
Q_C	--	--	--	--	--	-376.9	-507.4	-510.4	-210.8	--	--	--	-1605.5	-12.84
Q_{HC}	947.7	580.0	421.4	219.9	23.7	376.9	507.4	510.4	210.8	135.9	537.1	908.3	5379.51	43.01

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	53.7	58.9	80.5	75.1	73.1	154.0	187.3	220.5	122.2	78.0	62.8	57.6	-4655.25	-63.71
	-710.4	-604.0	-592.9	-509.4	-411.8	-341.4	-344.9	-365.0	-327.1	-435.9	-559.3	-676.8		
Q_w	186.2	227.2	306.7	321.5	358.7	389.1	411.8	423.6	366.9	305.0	212.7	155.5	2312.1	31.64
	-189.0	-148.1	-137.2	-110.7	-84.8	-63.0	-56.1	-54.1	-74.3	-110.0	-143.4	-182.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	0.7	0.5	10.6	27.7	20.2	7.8	0.1	--	--	-2122.26	-29.04
	-331.6	-260.6	-245.1	-177.1	-140.9	-88.2	-59.3	-86.1	-102.2	-164.3	-239.2	-295.2		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	840.5	595.4	444.5	265.1	62.3	--	--	--	--	178.9	522.5	801.3	3710.59	50.78
Q_C	--	--	--	--	--	-191.3	-300.0	-298.8	-119.4	--	--	--	-909.48	-12.45
Q_{HC}	840.5	595.4	444.5	265.1	62.3	191.3	300.0	298.8	119.4	178.9	522.5	801.3	4620.07	63.23

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	156.7	136.0	133.1	116.6	100.8	88.7	70.4	76.9	83.7	106.7	125.5	148.0	1255.48	42.18
	-0.0	-0.0	-1.6	-8.2	-9.6	-12.3	-22.1	-18.1	-11.0	-3.9	-0.7	-0.0		
Q_{ve+inf}	0.2	0.2	4.6	13.6	15.9	18.4	30.7	25.0	16.2	7.4	1.8	0.1	-1255.85	-42.2
	-156.9	-136.5	-135.8	-121.0	-105.9	-95.3	-78.3	-84.6	-89.5	-110.8	-127.0	-148.4		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ilum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u	D_{aquec}		D_{ref}	
	(m^2)	(kWh/ano)	(kWh/ m^2 ·ano)	(kWh/ano)	(kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	2351.27	18.03	1852.33	14.2
floor 1	125.07	2585.67	20.67	2652.75	21.21
floor 2	125.07	3046.35	24.36	2617.07	20.92
floor 3	73.07	3010.18	41.19	1539.62	21.07
	453.63	10993.5	24.23	8661.77	19.09

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

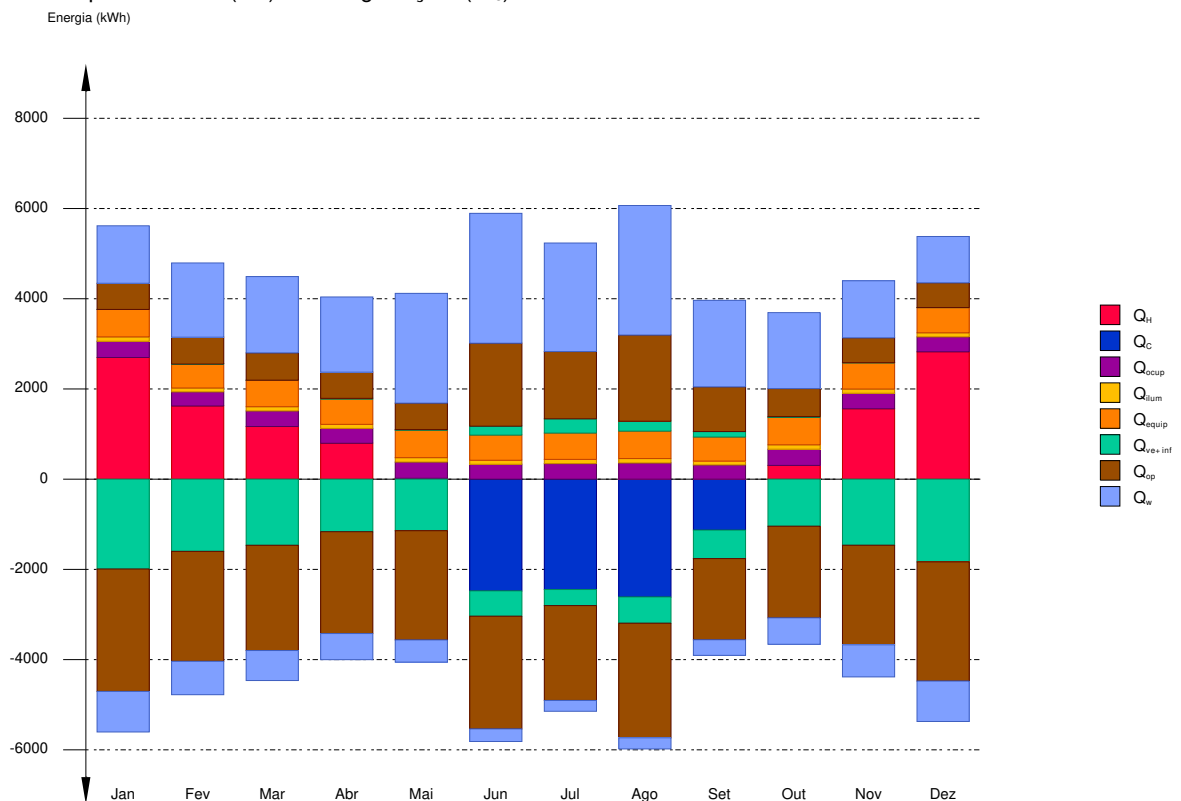
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Balço energético anual do edifício.														
Q_{op}	580.1	595.3	604.9	580.4	586.2	1839.5	1491.6	1910.5	991.2	621.7	551.2	549.2	-17083.3	-37.66
Q_w	-2713.8	-2438.3	-2332.8	-2257.6	-2421.2	-2497.7	-2103.0	-2540.5	-1799.2	-2031.0	-2207.7	-2642.2	16080.7	35.45
Q_{ve+inf}	0.2	0.8	4.8	18.8	14.1	197.3	315.3	219.6	120.9	16.8	2.3	0.3	-12925.3	-28.49
Q_{equip}	-1991.5	-1600.0	-1465.6	-1164.4	-1142.3	-561.8	-355.9	-582.6	-631.7	-1043.0	-1464.6	-1833.3	6920.83	15.26
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	2697.5	1622.6	1167.6	795.9	20.0	--	--	--	--	305.0	1560.6	2824.2	10993.5	24.23
Q_C	--	--	--	--	--	-2476.0	-2446.4	-2610.5	-1128.9	--	--	--	-8661.77	-19.09
Q_{HC}	2697.5	1622.6	1167.6	795.9	20.0	2476.0	2446.4	2610.5	1128.9	305.0	1560.6	2824.2	19655.3	43.33

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²-ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²-ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²-ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²-ano.

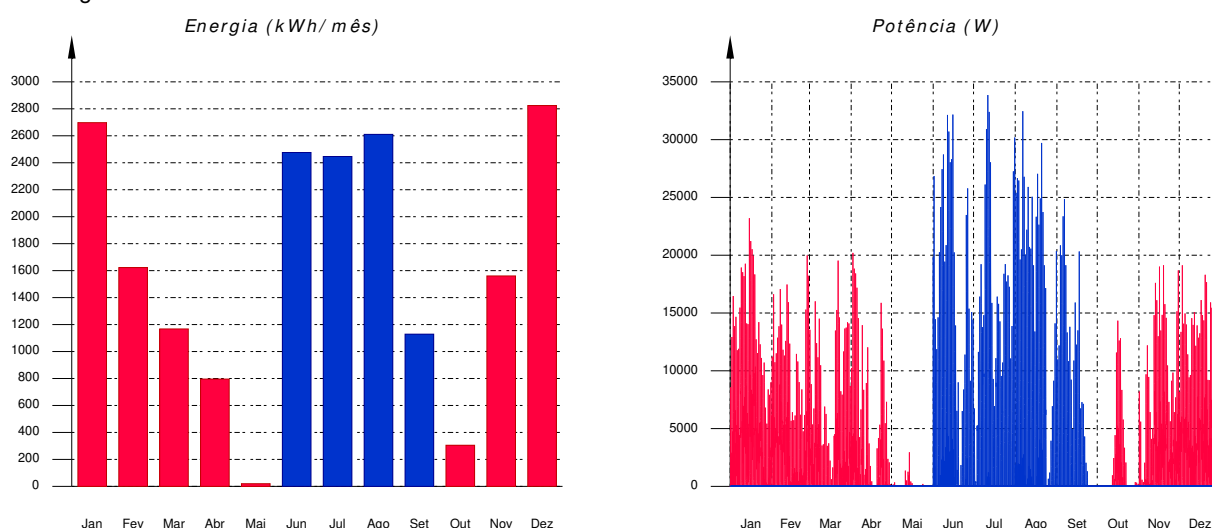
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²-ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²-ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²-ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

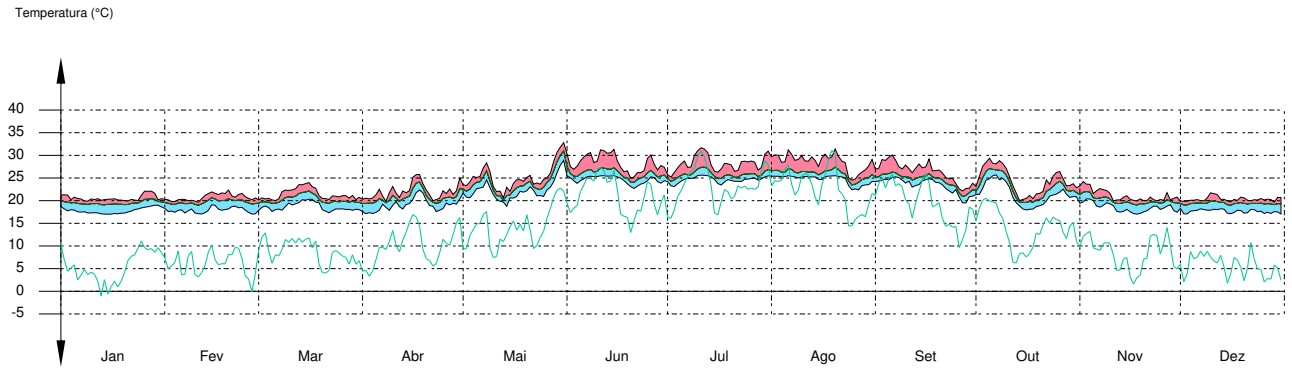


2.3.- Evolução da temperatura.

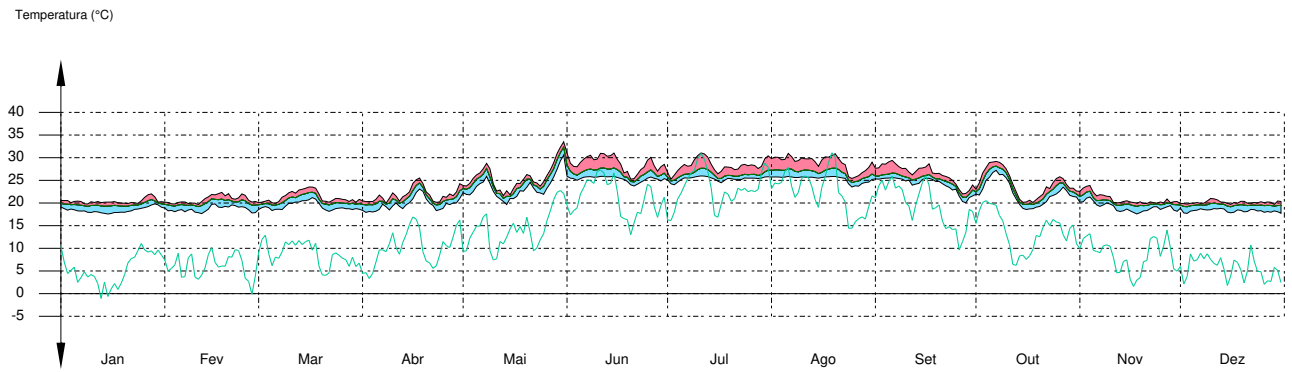
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

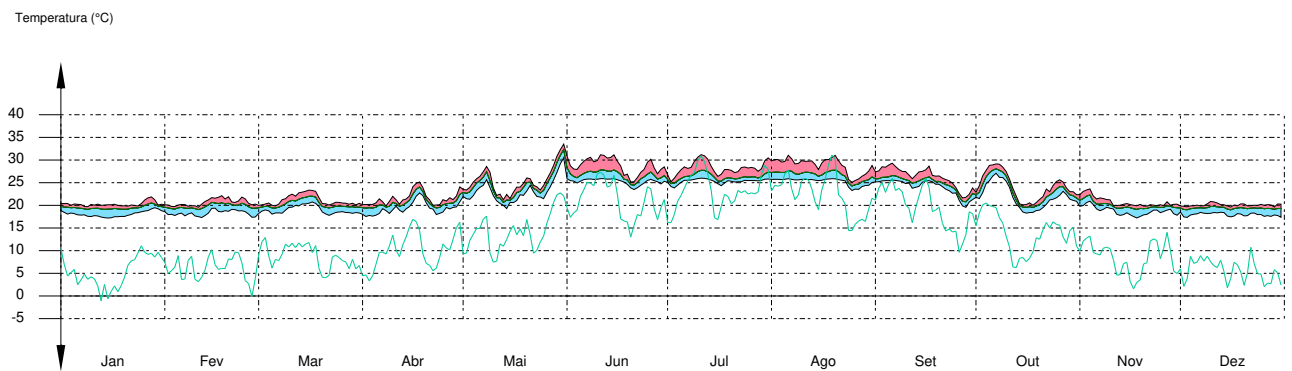
ground floor



floor 1

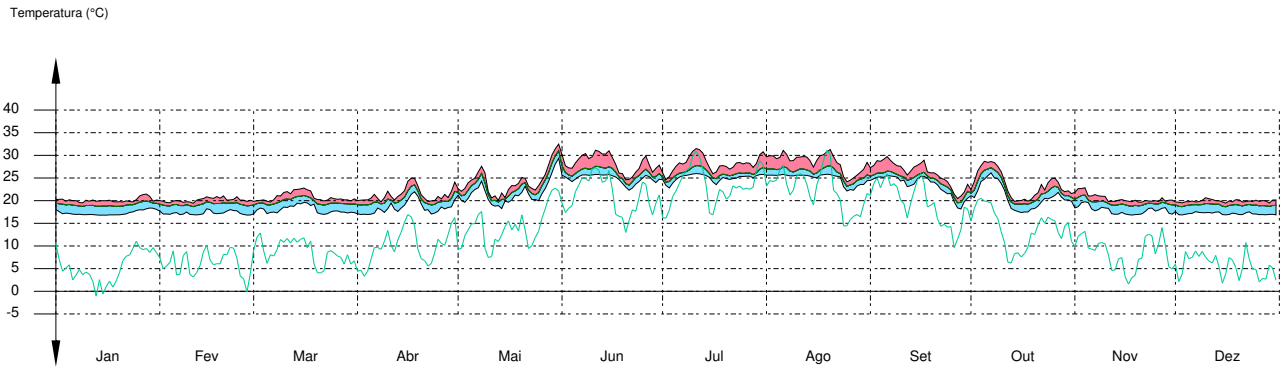


floor 2

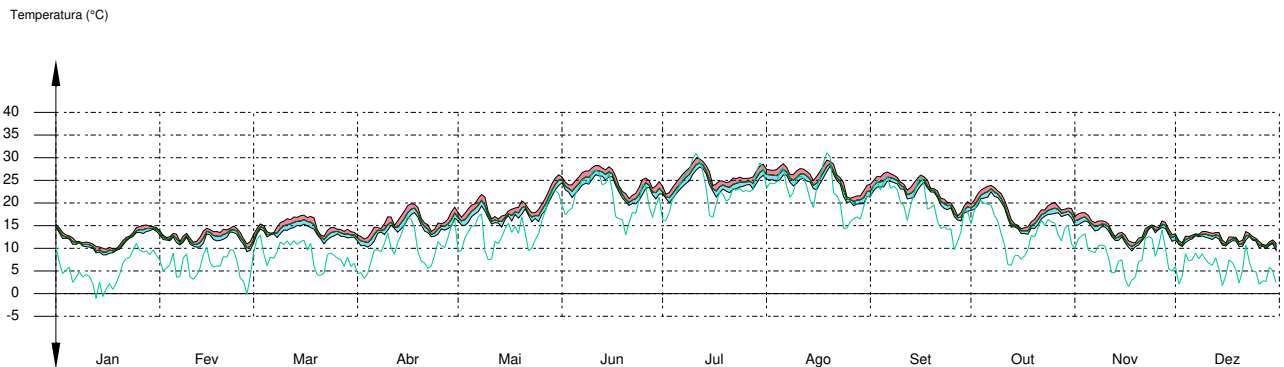


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	87.5	90.2	93.4	91.4	84.7	283.3	240.6	309.9	150.0	93.3	84.4	82.1	-4949.79	-37.95
	-645.8	-553.9	-561.0	-555.8	-557.3	-552.3	-515.9	-559.7	-448.7	-524.9	-539.4	-625.9		
Q _w	293.8	322.6	361.7	356.4	468.8	557.6	510.7	553.7	414.6	367.2	283.7	235.9	3313.87	25.41
	-191.7	-157.4	-142.5	-124.6	-102.7	-56.9	-48.6	-49.4	-71.5	-124.1	-152.4	-191.0		
Q _{ve+inf}	--	--	--	0.6	0.0	48.4	77.8	53.6	27.5	0.5	--	--	-3237.56	-24.82
	-512.2	-407.8	-374.7	-294.0	-278.4	-122.4	-73.2	-129.0	-150.1	-259.8	-375.6	-468.7		
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	575.1	363.7	248.7	171.4	3.4	--	--	--	--	60.0	323.4	605.4	2351.27	18.03
Q _C	--	--	--	--	--	-500.5	-547.4	-551.9	-252.5	--	--	--	-1852.33	-14.2
Q _{HC}	575.1	363.7	248.7	171.4	3.4	500.5	547.4	551.9	252.5	60.0	323.4	605.4	4203.6	32.23

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	144.6	160.0	160.7	151.8	156.7	587.0	453.9	601.8	306.3	168.4	141.8	134.3	-4449.01	-35.57
	-658.5	-631.1	-596.6	-590.0	-727.5	-770.7	-616.9	-797.7	-517.3	-532.9	-539.6	-637.5		
Q_w	368.0	531.4	509.5	513.4	785.9	924.4	735.8	937.6	581.0	493.6	369.0	299.0	5037.8	40.28
	-268.1	-222.3	-199.4	-173.8	-151.6	-84.6	-72.4	-75.2	-105.3	-178.1	-213.0	-267.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.2	0.0	47.6	77.7	53.0	27.7	1.2	--	--	-3299.94	-26.38
	-510.1	-408.4	-371.9	-291.4	-302.9	-136.0	-81.0	-145.6	-157.6	-264.1	-371.9	-467.5		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{illum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{occup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	670.7	351.2	259.3	164.2	--	--	--	--	--	63.8	371.9	704.5	2585.67	20.67
Q_C	--	--	--	--	--	-781.9	-719.8	-806.9	-344.2	--	--	--	-2652.75	-21.21
Q_{HC}	670.7	351.2	259.3	164.2	--	781.9	719.8	806.9	344.2	63.8	371.9	704.5	5238.42	41.88

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	133.3	147.1	143.1	140.5	150.7	581.0	455.4	589.8	286.9	159.0	132.4	123.7	-4828.5	-38.61
	-752.1	-695.8	-641.8	-608.4	-707.2	-747.0	-585.7	-747.6	-486.4	-558.8	-608.5	-732.2		
Q_w	368.5	535.0	501.0	477.6	757.0	900.7	703.0	885.9	543.8	500.5	371.3	298.4	4859.34	38.85
	-265.2	-219.1	-196.3	-170.1	-148.2	-84.5	-72.5	-74.9	-103.7	-174.6	-209.7	-264.5		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.6	0.0	46.7	76.5	52.4	27.7	1.3	--	--	-3251.37	-26
	-506.6	-403.9	-367.1	-284.6	-292.6	-135.2	-80.5	-144.2	-153.3	-257.6	-367.6	-464.4		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{illum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{occup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	767.3	416.2	321.5	217.2	0.1	--	--	--	--	81.3	439.2	803.6	3046.35	24.36
Q_C	--	--	--	--	--	-776.5	-719.7	-795.5	-325.4	--	--	--	-2617.07	-20.92
Q_{HC}	767.3	416.2	321.5	217.2	0.1	776.5	719.7	795.5	325.4	81.3	439.2	803.6	5663.42	45.28

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	60.9	62.9	80.2	78.4	83.6	303.0	275.5	332.9	170.5	90.5	67.7	60.7	-4080.25	-55.84
	-657.4	-557.5	-531.8	-494.6	-421.5	-409.4	-357.0	-414.4	-331.2	-406.5	-519.4	-646.5		
Q_w	244.5	256.8	319.6	319.9	422.0	496.5	456.6	494.6	378.7	322.5	240.3	193.0	2869.68	39.27
	-174.1	-140.9	-127.2	-110.9	-89.3	-53.8	-47.1	-47.3	-65.6	-109.3	-136.0	-173.7		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.1	0.1	28.8	46.3	32.0	16.6	0.9	--	--	-1911.87	-26.16
	-308.6	-243.7	-221.6	-171.4	-153.1	-75.3	-46.3	-79.6	-86.6	-145.2	-222.5	-283.7		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{illum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{occup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	684.5	491.4	338.0	243.1	16.5	--	--	--	--	99.9	426.1	710.7	3010.18	41.19
Q_C	--	--	--	--	--	-417.2	-459.5	-456.2	-206.7	--	--	--	-1539.62	-21.07
Q_{HC}	684.5	491.4	338.0	243.1	16.5	417.2	459.5	456.2	206.7	99.9	426.1	710.7	4549.81	62.26

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	153.7	135.2	127.5	118.4	110.5	85.2	66.1	76.0	77.5	110.6	125.0	148.5	1224.2	41.13
	-0.0	-0.1	-1.7	-8.8	-7.8	-18.4	-27.6	-21.2	-15.5	-7.9	-0.8	-0.2		
Q_{ve+inf}	0.2	0.8	4.8	14.3	14.0	25.7	36.9	28.5	21.4	13.0	2.3	0.3	-1224.56	-41.14
	-154.0	-136.2	-130.3	-123.0	-115.3	-92.9	-74.8	-84.2	-84.1	-116.2	-127.0	-149.0		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{illum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{occup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ilum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{\text{ocup},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{ocup},l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{\text{equip},l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u (m^2)	D_{aquec} (kWh/ano)	D_{aquec} (kWh/ $m^2 \cdot$ ano)	D_{ref} (kWh/ano)	D_{ref} (kWh/ $m^2 \cdot$ ano)
ground floor	130.42	2147.91	16.47	2013.32	15.44
floor 1	125.07	2379.31	19.02	2863.6	22.9
floor 2	125.07	2809.84	22.47	2836.95	22.68
floor 3	73.07	2777.77	38.01	1691.09	23.14
	453.63	10114.8	22.3	9404.96	20.73

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

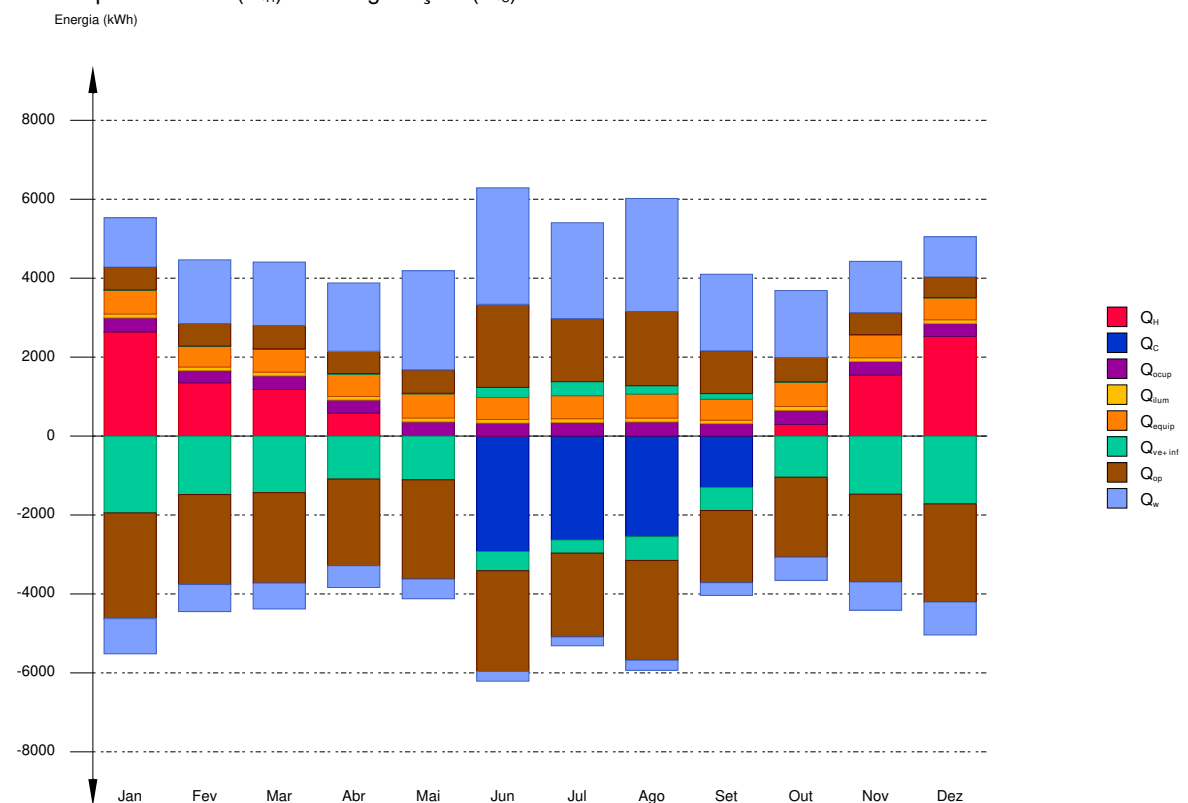
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ $m^2 \cdot$ ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ $m^2 \cdot$ ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Balço energético anual do edifício.														
Q_{op}	577.8	571.5	592.9	568.7	593.3	2105.4	1598.4	1881.6	1082.5	619.6	558.5	525.7	-16450.5	-36.26
Q_w	-2679.9	-2281.2	-2289.5	-2196.3	-2514.2	-2554.2	-2121.1	-2528.5	-1828.4	-2025.7	-2222.6	-2485.0	16437.9	36.24
Q_{ve+inf}	0.5	0.8	5.5	20.4	18.0	255.8	356.0	210.7	141.6	14.7	2.5	0.3	-12278.7	-27.07
Q_{equip}	-1946.2	-1481.7	-1434.8	-1088.6	-1108.3	-486.3	-334.7	-603.0	-586.9	-1042.4	-1473.2	-1719.7	6920.83	15.26
Q_{illum}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	4088.64	9.01
Q_H	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	10114.8	22.3
Q_C	2636.4	1349.7	1180.8	583.6	1.4	--	--	--	--	292.2	1546.0	2524.8	-9404.96	-20.73
Q_{HC}	--	--	--	--	--	-2924.9	-2631.6	-2548.1	-1300.4	--	--	--	19519.8	43.03
Q_{HC}	2636.4	1349.7	1180.8	583.6	1.4	2924.9	2631.6	2548.1	1300.4	292.2	1546.0	2524.8		

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²-ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²-ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²-ano.

Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²-ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²-ano.

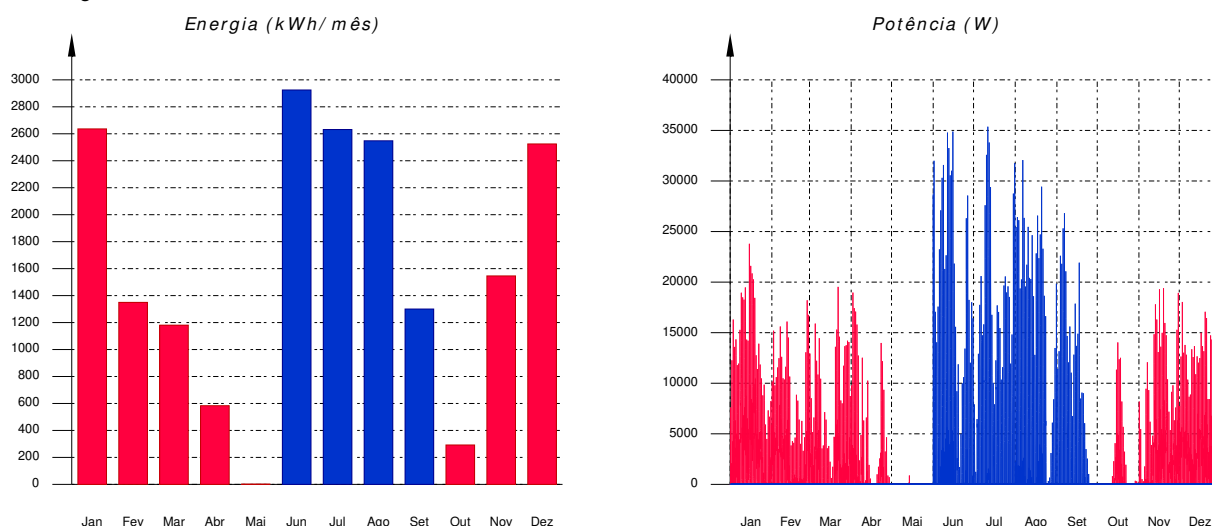
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²-ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²-ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²-ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

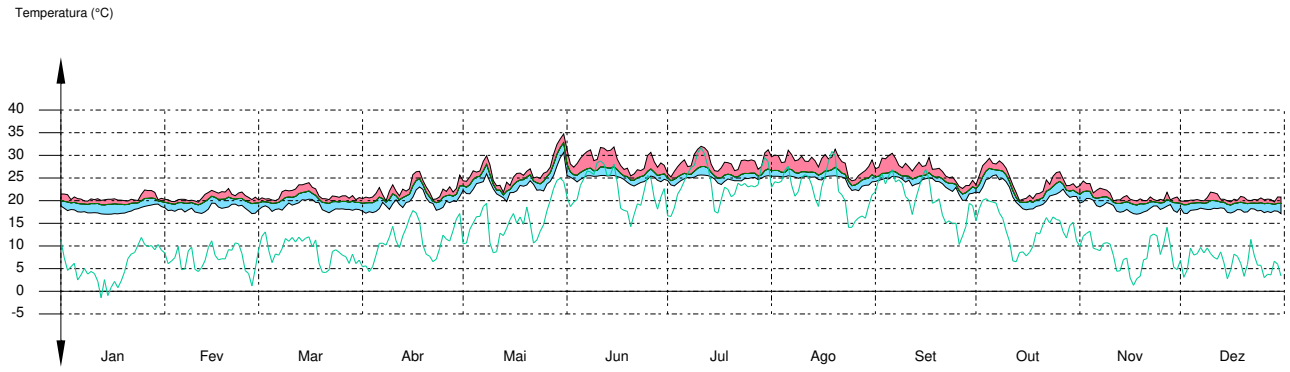


2.3.- Evolução da temperatura.

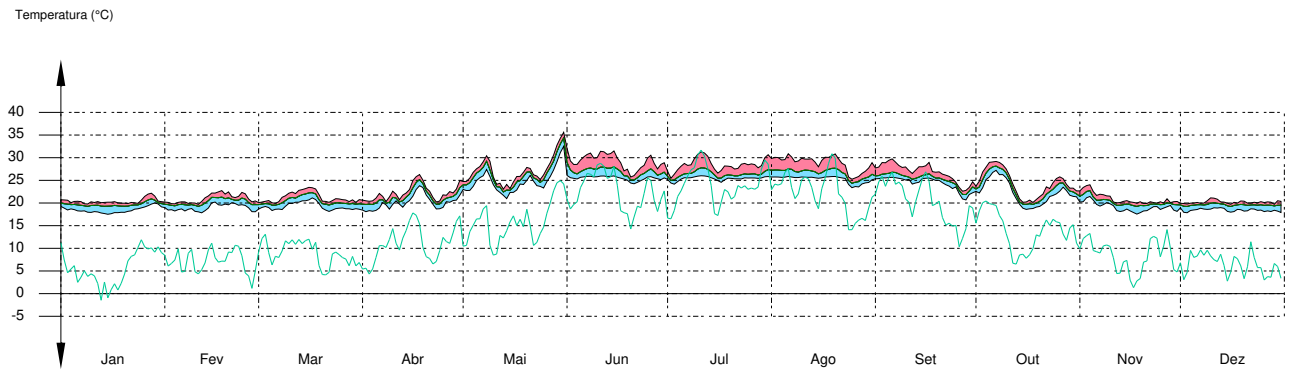
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

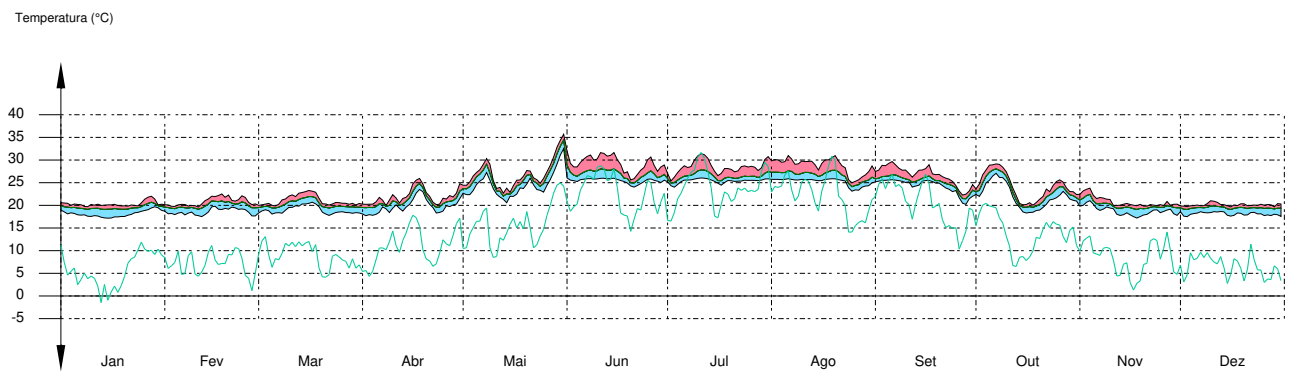
ground floor



floor 1

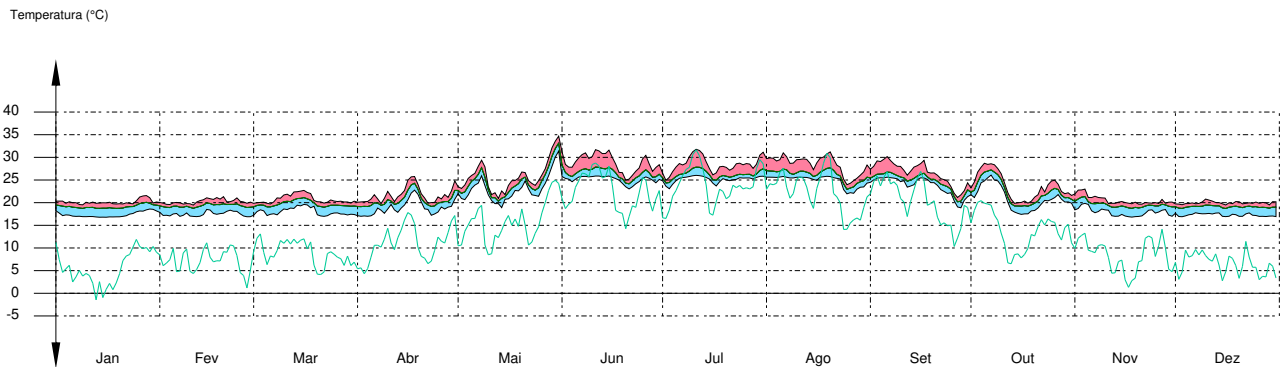


floor 2

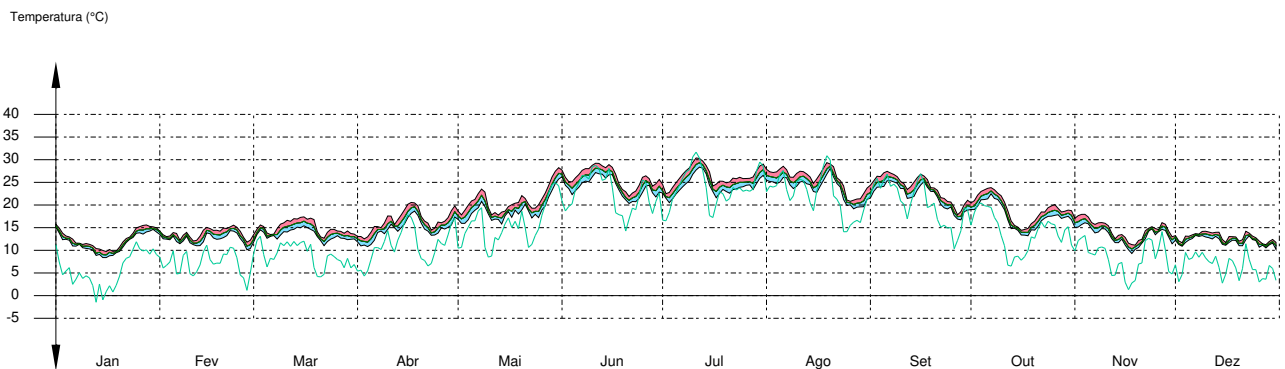


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	87.3	87.7	91.7	89.0	84.4	337.7	261.5	303.7	168.0	93.0	85.4	78.4	-4826.76	-37.01
	-639.6	-521.3	-553.8	-543.4	-578.6	-567.3	-519.9	-556.3	-455.5	-523.6	-542.8	-592.4		
Q _w	288.4	317.3	345.4	368.0	480.5	571.9	516.9	551.7	419.8	369.4	291.4	233.8	3389.28	25.99
	-190.1	-145.4	-140.6	-118.5	-103.1	-49.5	-45.5	-51.1	-65.9	-124.3	-153.4	-177.8		
Q _{ve+inf}	--	--	--	0.9	0.2	63.9	88.4	51.4	32.7	0.3	--	--	-3066.66	-23.51
	-500.6	-377.5	-366.7	-274.9	-264.4	-103.3	-67.6	-133.8	-138.5	-260.0	-377.6	-439.7		
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	561.3	297.2	249.8	125.5	0.1	--	--	--	--	57.1	321.3	535.5	2147.91	16.47
Q _C	--	--	--	--	--	-595.3	-589.1	-538.5	-290.4	--	--	--	-2013.32	-15.44
Q _{HC}	561.3	297.2	249.8	125.5	0.1	595.3	589.1	538.5	290.4	57.1	321.3	535.5	4161.23	31.91

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	144.8	151.7	156.5	150.0	158.5	664.7	483.4	592.7	333.4	168.6	143.7	128.5	-4301.88	-34.4
	-650.1	-595.3	-582.0	-584.0	-760.8	-787.7	-622.0	-794.4	-527.0	-531.8	-544.1	-599.0		
Q_w	361.0	519.8	483.0	532.6	812.7	947.1	741.7	934.8	587.9	496.9	379.5	296.5	5145.74	41.14
	-265.6	-206.2	-196.8	-165.9	-154.3	-74.2	-67.9	-77.6	-97.5	-178.6	-214.4	-248.9		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.4	0.1	63.0	88.6	50.7	33.0	0.8	--	--	-3134.11	-25.06
	-498.1	-378.9	-363.5	-272.7	-295.2	-115.7	-74.8	-150.8	-145.6	-264.6	-373.9	-438.1		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{illum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{occup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	654.7	290.5	264.4	114.9	--	--	--	--	--	60.4	367.4	627.0	2379.31	19.02
Q_C	--	--	--	--	--	-911.4	-771.0	-788.6	-392.7	--	--	--	-2863.6	-22.9
Q_{HC}	654.7	290.5	264.4	114.9	--	911.4	771.0	788.6	392.7	60.4	367.4	627.0	5242.91	41.92

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	133.3	141.2	139.9	137.9	153.2	662.8	487.5	580.4	315.9	158.8	134.2	117.6	-4635.13	-37.06
	-742.2	-652.4	-628.7	-589.2	-736.8	-761.5	-590.4	-744.7	-494.8	-557.5	-612.9	-686.6		
Q_w	361.5	523.2	475.3	495.2	781.4	922.9	709.1	883.1	550.5	503.9	381.9	295.9	4962.76	39.68
	-262.7	-202.9	-193.8	-162.0	-151.4	-74.2	-68.1	-77.3	-96.2	-175.1	-211.1	-246.4		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.8	0.1	61.8	87.2	50.1	33.0	0.8	--	--	-3087.78	-24.69
	-494.6	-373.9	-358.9	-265.2	-286.2	-115.4	-74.6	-149.3	-142.0	-258.0	-369.5	-435.2		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{illum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{occup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	750.0	345.0	326.4	156.5	--	--	--	--	--	77.8	434.5	719.7	2809.84	22.47
Q_C	--	--	--	--	--	-911.0	-773.5	-776.7	-375.8	--	--	--	-2836.95	-22.68
Q_{HC}	750.0	345.0	326.4	156.5	--	911.0	773.5	776.7	375.8	77.8	434.5	719.7	5646.79	45.15

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	61.2	64.2	79.1	79.1	87.2	360.9	300.7	326.3	191.4	90.1	68.6	60.8	-3866.97	-52.92
	-647.9	-512.1	-522.7	-470.2	-427.6	-416.3	-359.1	-412.5	-334.0	-405.5	-521.9	-606.8		
Q_w	239.9	252.9	303.0	332.8	435.7	509.5	460.2	492.8	382.6	324.7	247.1	191.3	2940.1	40.24
	-172.5	-129.2	-125.6	-105.0	-90.7	-47.4	-44.4	-48.7	-61.2	-109.3	-136.9	-161.6		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.2	0.2	38.0	52.6	30.7	19.7	0.6	--	--	-1809.59	-24.76
	-301.2	-223.7	-216.8	-158.5	-147.2	-64.6	-43.3	-82.4	-80.5	-145.1	-223.5	-265.8		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{illum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{occup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	670.3	416.9	340.1	186.7	1.3	--	--	--	--	96.9	422.8	642.6	2777.77	38.01
Q_C	--	--	--	--	--	-507.2	-498.0	-444.4	-241.5	--	--	--	-1691.09	-23.14
Q_{HC}	670.3	416.9	340.1	186.7	1.3	507.2	498.0	444.4	241.5	96.9	422.8	642.6	4468.86	61.16

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	151.2	126.7	125.7	112.7	110.0	79.3	65.4	78.4	73.9	109.2	126.6	140.5	1180.24	39.65
	-0.1	-0.1	-2.2	-9.5	-10.4	-21.4	-29.7	-20.5	-17.0	-7.3	-0.9	-0.2		
Q_{ve+inf}	0.5	0.8	5.5	15.1	17.4	29.0	39.3	27.9	23.2	12.2	2.5	0.3	-1180.56	-39.67
	-151.7	-127.8	-128.9	-117.3	-115.4	-87.4	-74.4	-86.7	-80.5	-114.7	-128.7	-140.9		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{illum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{occup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{illum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{illum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--	Oscilação livre	
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.....	2
2.- RESULTADOS MENSAS.....	2
2.1.- Balanço energético anual do edifício.....	2
2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.....	3
2.3.- Evolução da temperatura.....	3
2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.....	5
3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.....	7
3.1.- Agrupamentos de compartimentos.....	7

Necessidade energética

1.- RESUMO DO CÁLCULO DA NECESSIDADE ENERGÉTICA.

A seguinte tabela é um resumo dos resultados obtidos no cálculo da necessidade energética de aquecimento e refrigeração de cada zona habitável, junto com o consumo total do edifício.

Zonas habitáveis	S_u	D_{aquec}		D_{ref}	
	(m^2)	(kWh/ano)	(kWh/ m^2 ·ano)	(kWh/ano)	(kWh/ m^2 ·ano)
ground floor	130.42	2350.19	18.02	1741.79	13.36
floor 1	125.07	2610.69	20.87	2502.69	20.01
floor 2	125.07	3061.78	24.48	2464.12	19.7
floor 3	73.07	2999.24	41.05	1436.24	19.66
	453.63	11021.9	24.3	8144.84	17.95

onde:

S_u : Superfície útil da zona habitável, m^2 .

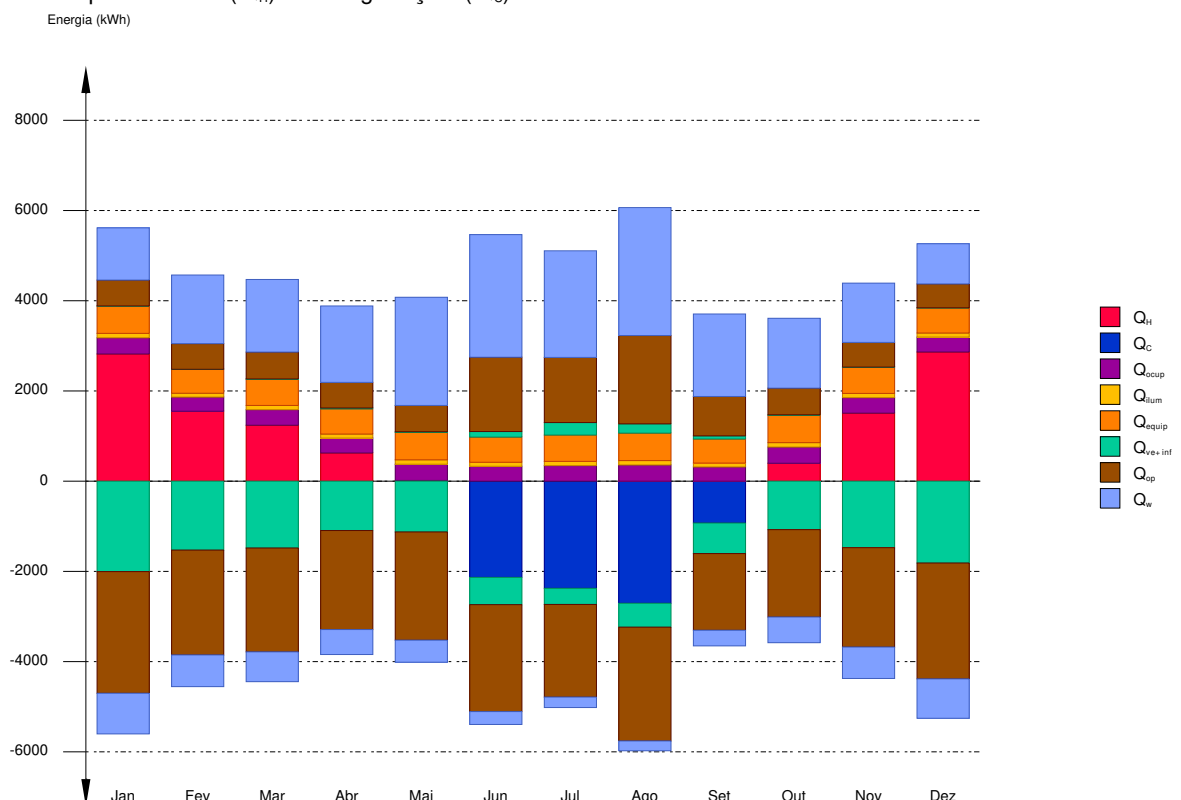
D_{aquec} : Valor calculado do consumo energético de aquecimento, kWh/ m^2 ·ano.

D_{ref} : Valor calculado do consumo energético de refrigeração, kWh/ m^2 ·ano.

2.- RESULTADOS MENSAIS.

2.1.- Balanço energético anual do edifício.

O seguinte gráfico de barras mostra o balanço energético do edifício mês a mês, contabilizando a energia perdida ou ganha por transmissão térmica através de elementos pesados e leves (Q_{op} e Q_w , respectivamente), a energia intercambiada por ventilação e infiltrações (Q_{ve+inf}), o ganho de calor interno devido à ocupação (Q_{ocup}), à iluminação (Q_{ilum}) e ao equipamento interno (Q_{equip}), assim como a contribuição necessária de aquecimento (Q_H) e refrigeração (Q_C).



Na seguinte tabela são mostrados os valores numéricos correspondentes ao gráfico anterior, do balanço energético do edifício completo, como soma das energias envolvidas no balanço energético de cada uma das zonas térmicas que conformam o modelo de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

Necessidade energética

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano)	(kWh/m ² ·ano)
Balanco energético anual do edifício.														
Q_{op}	572.9	568.8	595.2	567.2	582.3	1647.0	1444.4	1958.0	873.3	589.7	546.8	529.1	-16801.6	-37.04
Q_w	1157.4	1520.9	1609.6	1694.4	2398.1	2718.4	2363.5	2836.4	1828.4	1548.9	1314.2	890.7	15357.4	33.85
Q_{ve+inf}	0.2	0.9	4.3	20.5	14.9	123.3	276.9	205.8	70.0	9.8	1.7	0.2	-13035.8	-28.74
Q_{equip}	608.3	530.4	583.7	557.7	608.3	557.7	583.7	608.3	533.1	608.3	582.3	559.1	6920.83	15.26
Q_{lum}	97.9	85.4	94.0	89.8	97.9	89.8	94.0	97.9	85.9	97.9	93.7	90.1	1114.41	2.46
Q_{ocup}	359.0	313.3	344.9	329.7	359.0	329.7	344.9	359.0	315.6	359.0	343.8	330.8	4088.64	9.01
Q_H	2819.9	1550.7	1240.1	625.2	16.7	--	--	--	--	397.6	1508.1	2863.6	11021.9	24.3
Q_C	--	--	--	--	--	-2133.3	-2376.0	-2707.4	-928.2	--	--	--	-8144.84	-17.95
Q_{HC}	2819.9	1550.7	1240.1	625.2	16.7	2133.3	2376.0	2707.4	928.2	397.6	1508.1	2863.6	19166.8	42.25

onde:

Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, kWh/m²·ano.

Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, kWh/m²·ano.

Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, kWh/m²·ano.

Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, kWh/m²·ano.

Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, kWh/m²·ano.

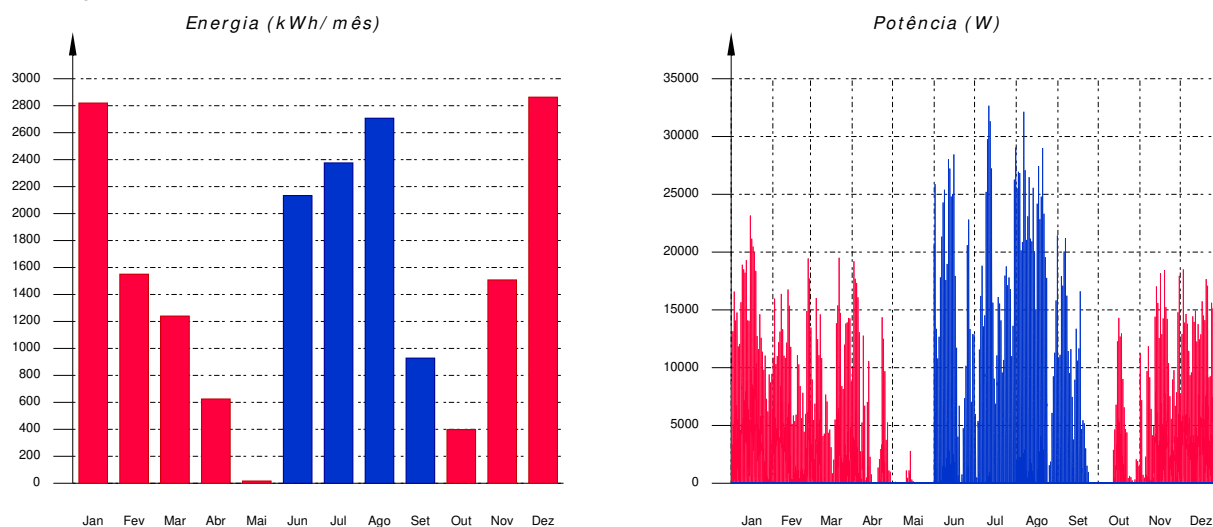
Q_H : Energia fornecida de aquecimento, kWh/m²·ano.

Q_C : Energia fornecida de refrigeração, kWh/m²·ano.

Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, kWh/m²·ano.

2.2.- Necessidade energética mensal de aquecimento e refrigeração.

Considerando apenas a necessidade energética a cobrir pelos sistemas de aquecimento e refrigeração, as necessidades energéticas e de potência útil instantânea ao longo da simulação anual mostram-se nos seguintes gráficos:

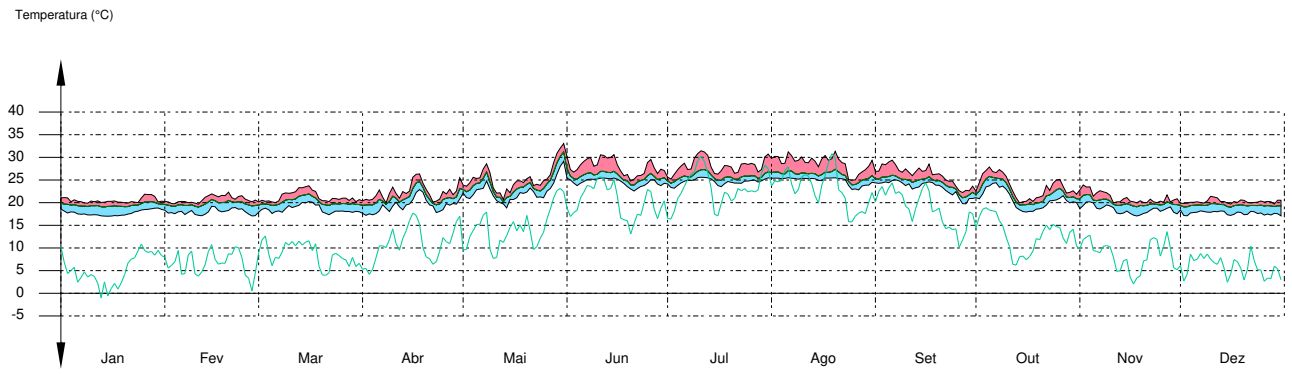


2.3.- Evolução da temperatura.

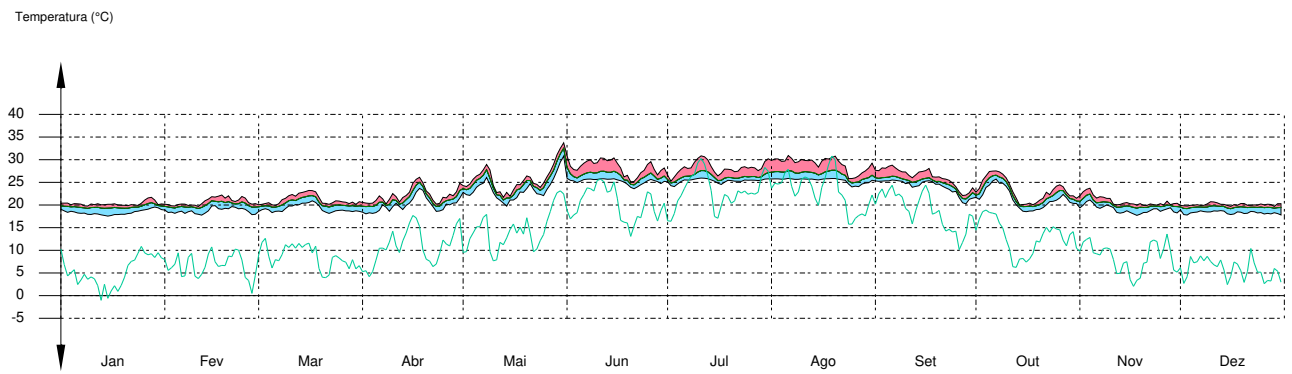
A evolução da temperatura operativa interior nas zonas modelizadas do edifício objeto de projecto mostra-se nos seguintes gráficos, que mostram a evolução das temperaturas mínimas, máximas e médias de cada dia, em cada zona:

Necessidade energética

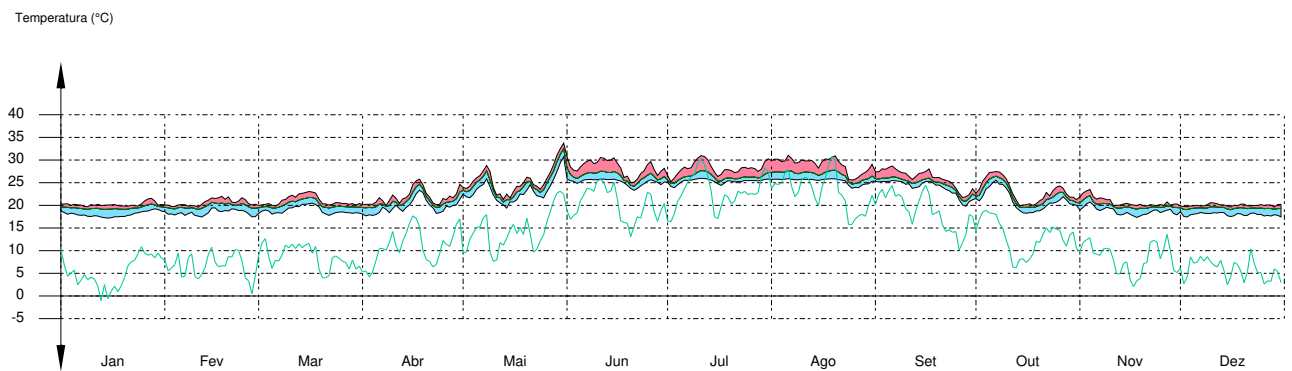
ground floor



floor 1

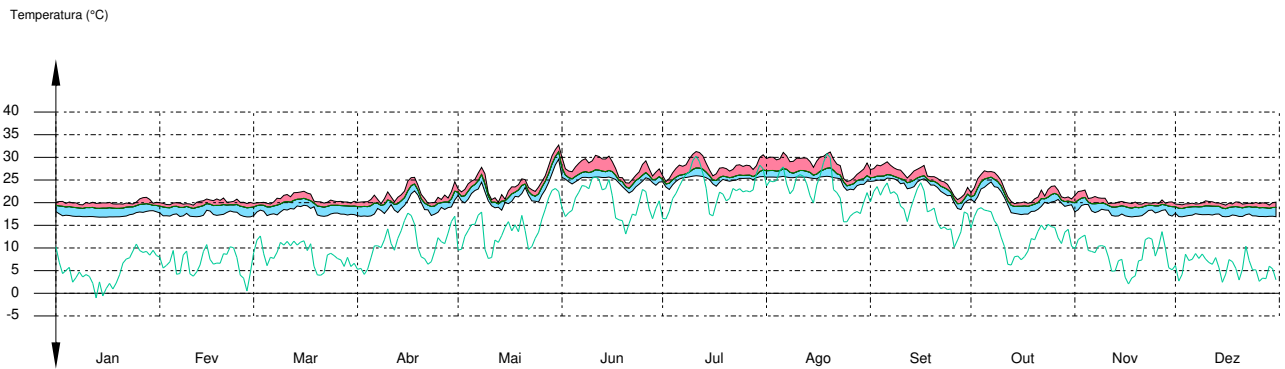


floor 2

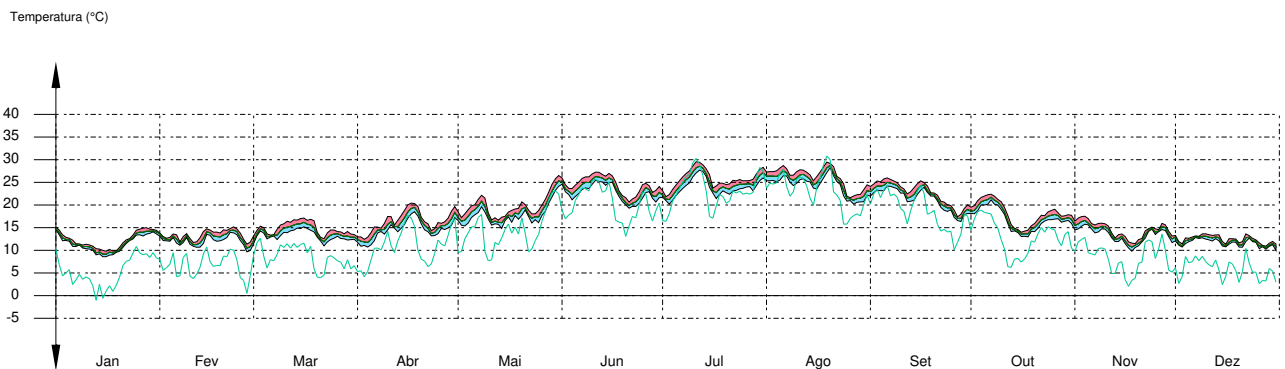


Necessidade energética

floor 3



unheated



2.4.- Resultados numéricos do balanço energético por zona e mês.

Na seguinte tabela mostram-se os resultados de transferência total de calor por transmissão e ventilação, calor interno total e energia necessária para aquecimento e refrigeração, de cada uma das zonas de cálculo do edifício.

O critério de sinais adoptado consiste em utilizar valores positivos para energias fornecidas à zona de cálculo, e negativos para a energia extraída.

	Jan (kWh)	Fev (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	Mai (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Set (kWh)	Out (kWh)	Nov (kWh)	Dez (kWh)	Ano (kWh/ano) (kWh/m ² ·ano)	
ground floor (A_t = 130.42 m²; V = 445.29 m³)														
Q _{op}	86.1	86.3	91.8	89.1	83.9	245.9	232.4	321.5	126.2	88.5	83.4	78.1	-4900.74	-37.58
	-642.0	-532.9	-555.8	-544.2	-557.0	-530.5	-508.7	-562.2	-431.0	-501.9	-537.9	-609.8		
Q _w	267.8	299.3	345.8	362.1	465.0	534.0	505.9	550.3	397.1	338.9	294.5	205.7	3187.46	24.44
	-191.9	-149.5	-141.4	-119.0	-101.9	-58.1	-46.6	-43.1	-71.3	-121.1	-149.0	-185.8		
Q _{ve+inf}	--	--	--	0.9	0.1	29.5	68.2	50.6	15.3	0.0	--	--	-3271.28	-25.08
	-515.3	-389.7	-378.8	-276.4	-274.1	-134.4	-74.3	-117.1	-162.3	-271.3	-378.4	-463.9		
Q _{equip}	176.6	153.9	169.4	161.8	176.6	161.8	169.4	176.6	154.6	176.6	169.0	162.2	2008.7	15.4
Q _{ilum}	74.0	64.4	70.8	67.6	74.0	67.6	70.8	74.0	64.5	74.0	70.8	67.7	840.12	6.44
Q _{ocup}	145.3	126.7	139.4	133.2	145.3	133.2	139.4	145.3	127.2	145.3	139.1	133.5	1652.78	12.67
Q _H	601.7	344.0	263.9	134.0	2.7	--	--	--	--	78.4	312.2	613.2	2350.19	18.02
Q _C	--	--	--	--	--	-430.5	-533.0	-572.1	-206.1	--	--	--	-1741.79	-13.36
Q _{HC}	601.7	344.0	263.9	134.0	2.7	430.5	533.0	572.1	206.1	78.4	312.2	613.2	4091.98	31.38

floor 1 (A_t = 125.07 m²; V = 443.9 m³)

Necessidade energética

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/ano)	(kWh/m ² -ano)
Q_{op}	141.3	151.1	155.3	149.1	155.6	530.3	440.0	616.8	269.8	159.6	140.3	126.5	-4364.77	-34.9
	-653.1	-598.7	-584.2	-580.2	-718.6	-728.0	-600.9	-790.7	-486.5	-501.3	-541.1	-616.8		
Q_w	333.8	490.7	484.2	521.2	772.5	869.0	721.0	924.2	552.9	454.1	383.9	259.4	4803.77	38.41
	-268.4	-211.1	-197.8	-166.4	-150.6	-86.4	-69.7	-66.3	-105.3	-172.6	-208.3	-260.1		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.4	0.0	29.0	68.2	50.1	15.5	0.2	--	--	-3326.99	-26.6
	-513.5	-389.7	-375.7	-273.9	-298.3	-148.0	-81.6	-132.1	-169.6	-271.9	-374.4	-462.9		
Q_{equip}	167.4	145.9	160.6	153.4	167.4	153.4	160.6	167.4	146.6	167.4	160.2	153.8	1904.33	15.23
Q_{ilum}	8.5	7.4	8.2	7.8	8.5	7.8	8.2	8.5	7.6	8.5	8.1	7.9	96.93	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	706.2	338.7	279.7	124.9	--	--	--	--	--	83.3	358.4	719.6	2610.69	20.87
Q_C	--	--	--	--	--	-681.3	-699.7	-834.4	-287.2	--	--	--	-2502.69	-20.01
Q_{HC}	706.2	338.7	279.7	124.9	--	681.3	699.7	834.4	287.2	83.3	358.4	719.6	5113.38	40.88

floor 2 ($A_i = 125.07 \text{ m}^2$; $V = 440.5 \text{ m}^3$)

Q_{op}	131.0	139.4	139.5	137.6	149.6	520.8	441.0	605.8	250.7	149.8	130.2	117.7	-4743.01	-37.92
	-747.8	-660.8	-632.6	-589.4	-699.1	-707.1	-570.8	-740.7	-458.9	-530.7	-607.3	-711.0		
Q_w	334.1	493.4	476.3	485.5	744.5	846.6	689.3	874.1	518.5	459.9	386.3	258.6	4630.97	37.03
	-265.6	-208.0	-195.0	-162.6	-147.2	-86.1	-69.8	-66.1	-103.7	-169.0	-205.2	-257.7		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.9	0.0	28.5	67.1	49.5	15.5	0.3	--	--	-3278.4	-26.21
	-510.1	-385.4	-371.2	-266.7	-288.0	-146.9	-81.2	-131.2	-165.1	-265.1	-370.3	-460.0		
Q_{equip}	168.0	146.5	161.2	154.0	168.0	154.0	161.2	168.0	147.2	168.0	160.8	154.4	1911.37	15.28
Q_{ilum}	8.5	7.5	8.2	7.9	8.5	7.9	8.2	8.5	7.6	8.5	8.2	7.9	97.29	0.78
Q_{ocup}	82.5	72.0	79.3	75.8	82.5	75.8	79.3	82.5	72.6	82.5	79.0	76.1	939.91	7.52
Q_H	803.4	400.9	343.0	168.4	0.1	--	--	--	--	105.3	424.0	816.6	3061.78	24.48
Q_C	--	--	--	--	--	-671.8	-699.1	-824.8	-268.5	--	--	--	-2464.12	-19.7
Q_{HC}	803.4	400.9	343.0	168.4	0.1	671.8	699.1	824.8	268.5	105.3	424.0	816.6	5525.9	44.18

floor 3 ($A_i = 73.07 \text{ m}^2$; $V = 262.13 \text{ m}^3$)

Q_{op}	59.8	62.1	79.5	78.5	83.3	263.8	266.6	345.2	145.9	82.6	67.8	60.4	-4020.67	-55.02
	-654.8	-531.5	-528.2	-472.1	-416.2	-392.4	-349.7	-410.5	-314.5	-398.5	-516.7	-630.9		
Q_w	221.7	237.4	303.3	325.6	416.1	468.9	447.3	487.8	359.9	296.0	249.5	166.9	2735.19	37.43
	-174.6	-133.8	-126.5	-105.5	-88.6	-54.8	-45.4	-41.8	-65.5	-106.4	-133.4	-169.2		
Q_{ve+inf}	--	--	--	1.3	0.1	17.5	40.5	30.2	9.2	0.2	--	--	-1931.21	-26.43
	-310.8	-232.5	-224.5	-159.6	-150.3	-81.8	-46.8	-72.5	-93.7	-152.2	-224.5	-281.0		
Q_{equip}	96.3	84.0	92.5	88.4	96.3	88.4	92.5	96.3	84.6	96.3	92.2	88.7	1096.43	15
Q_{ilum}	7.0	6.1	6.8	6.5	7.0	6.5	6.8	7.0	6.3	7.0	6.7	6.5	80.07	1.1
Q_{ocup}	48.7	42.6	46.9	44.9	48.7	44.9	46.9	48.7	43.1	48.7	46.7	45.1	556.04	7.61
Q_H	708.5	467.1	353.5	197.9	14.0	--	--	--	--	130.6	413.6	714.2	2999.24	41.05
Q_C	--	--	--	--	--	-349.6	-444.2	-476.1	-166.4	--	--	--	-1436.24	-19.66
Q_{HC}	708.5	467.1	353.5	197.9	14.0	349.6	444.2	476.1	166.4	130.6	413.6	714.2	4435.48	60.7

unheated ($A_i = 29.76 \text{ m}^2$; $V = 98.86 \text{ m}^3$)

Q_{op}	154.6	129.9	129.1	112.9	110.0	86.3	64.5	68.8	80.6	109.2	125.2	146.4	1227.6	41.25
	-0.0	-0.1	-1.5	-9.5	-8.3	-12.7	-24.1	-18.5	-9.6	-5.0	-0.6	-0.1		
Q_{ve+inf}	0.2	0.9	4.3	15.1	14.7	18.9	32.9	25.3	14.5	9.0	1.7	0.2	-1227.94	-41.26
	-154.9	-130.9	-131.7	-117.5	-115.0	-92.8	-72.7	-76.2	-86.2	-113.9	-126.7	-146.9		
Q_{equip}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ilum}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
Q_{ocup}	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0

Necessidade energética

onde:

- A_r : Superfície útil da zona térmica, m^2 .
 V : Volume interior neto da zona térmica, m^3 .
 Q_{op} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos pesados em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_w : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica através de elementos leves em contacto com o exterior, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ve+inf} : Transferência de energia correspondente à transmissão térmica por ventilação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{equip} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido ao equipamento interno, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{lum} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à iluminação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{ocup} : Transferência de energia correspondente ao ganho interno de calor devido à ocupação, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_H : Energia fornecida de aquecimento, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_C : Energia fornecida de refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.
 Q_{HC} : Energia fornecida de aquecimento e refrigeração, $kWh/m^2 \cdot ano$.

3.- MODELO DE CÁLCULO DO EDIFÍCIO.

3.1.- Agrupamentos de compartimentos.

Mostra-se seguidamente a caracterização dos espaços que compõem cada uma das zonas de cálculo do edifício.

	S (m^2)	V (m^3)	ren _h (1/h)	$\Sigma Q_{ocup,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{ocup,l}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,s}$ (kWh/ano)	$\Sigma Q_{equip,l}$ (kWh/ano)	ΣQ_{lum} (kWh/ano)	T ⁺ aquec. média (°C)	T ⁺ refrig. média (°C)
ground floor (Zona habitável)										
Dining room	51.59	175.54	0.31	1050.2	665.1	787.6	--	787.6	19.0	26.0
Lobby	58.62	200.97	0.31	427.6	270.5	875.2	--	14.9	19.0	26.0
Office 1	14.48	49.28	0.31	105.6	66.8	216.2	--	14.9	19.0	26.0
WC gf	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
	130.42	445.29	0.43/ 0.34'	1652.8	1046.3	2008.7	--	840.1	19.0	26.0
floor 1 (Zona habitável)										
Office2	32.22	109.63	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room	33.73	114.78	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 3	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 1f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 4	22.54	76.70	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	443.90	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 2 (Zona habitável)										
Office5	32.22	108.69	0.31	235.0	148.7	480.9	--	14.9	19.0	26.0
Meeting room 2	33.73	112.81	0.31	246.1	155.6	503.5	--	14.9	19.0	26.0
Office 7	17.23	58.62	0.31	125.7	79.5	257.2	--	14.9	19.0	26.0
WC 2f	5.73	19.49	0.80	69.3	43.8	129.7	--	22.6	19.0	26.0
Office 6	22.54	76.20	0.31	164.4	104.0	336.5	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 2	13.63	64.68	0.31	99.5	62.9	203.5	--	14.9	19.0	26.0
	125.07	440.50	0.39/ 0.34'	939.9	594.5	1911.4	--	97.3	19.0	26.0
floor 3 (Zona habitável)										
Office 8	18.49	61.84	0.31	134.9	85.3	276.1	--	14.9	19.0	26.0
Office 10	18.46	62.13	0.31	134.7	85.2	275.6	--	14.9	19.0	26.0
WC 3f	4.78	16.00	0.80	57.9	36.6	108.3	--	22.6	19.0	26.0
Office 9	20.11	67.27	0.31	146.7	92.8	300.3	--	14.9	19.0	26.0
Corridor 3	11.23	54.90	0.31	81.9	51.8	167.6	--	14.9	19.0	26.0
	73.07	262.13	0.41/ 0.35'	556.0	351.7	1127.8	--	82.4	19.0	26.0

Necessidade energética

	S (m ²)	V (m ³)	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh/ano)	ΣQ _{ocup,l} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,s} (kWh/ano)	ΣQ _{equip,l} (kWh/ano)	ΣQ _{ilum} (kWh/ano)	T [°] aquec. média (°C)	T [°] refrig. média (°C)
unheated (Zona não habitável)										
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.44	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	5.05	1.00	--	--	--	--	--		
lift	2.28	8.36	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.36	4.87	1.00	--	--	--	--	--		Oscilação livre
lift	2.26	7.69	1.00	--	--	--	--	--		
risers	1.32	4.89	1.00	--	--	--	--	--		
Stairs	6.91	23.21	1.00	--	--	--	--	--		
Technical room	8.34	22.88	1.00	--	--	--	--	--		
	29.76	98.86	1.00	--	--	--	--	--		

onde:

S: Superfície útil interior do compartimento, m².

V: Volume interior neto do compartimento, m³.

ren_h: Número de renovações por hora do ar do compartimento.

*: Valor médio do número de renovações hora do ar da zona habitável, incluindo as infiltrações calculadas.

Q_{ocup,s}: Somatório da carga interna sensível devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ocup,l}: Somatório da carga interna latente devida à ocupação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,s}: Somatório da carga interna sensível devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{equip,l}: Somatório da carga interna latente devida aos equipamentos presentes no compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

Q_{ilum}: Somatório da carga interna devida à iluminação do compartimento ao longo do ano, kWh/ano.

T[°] aquec. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de aquecimento, °C.

T[°] refrig. média: Valor médio nos intervalos de operação da temperatura fixada de refrigeração, °C.

Anexo D - Relatório de eficiência dos sistemas de AVAC nos vários casos de estudo

Dados das simulações realizadas no caso de estudo 1 - Lisboa

Check Box					
Indoor Unit:	5	/	1 to 20		
Capacity:	143	/	100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.					
Total Pipe Length:	0,0	/	1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0	/	165,0	m	
Equivalent:	0,0	/	190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0	/	90,0	m	
Equivalent:	0,0	/	90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)		Input (Cool Heat)		
Outdoor Unit Capacity:	1,00	1,00	0,53	0,63	
Temperature:	1,00	1,00	0,94	1,06	
Piping Length:	1,00	1,00	-	-	
Defrosting:	-	0,97	-	-	
Total Derate:	1,00	0,97	0,50	0,66	
O/U available capa.(kW):	22,51	24,13			
O/U available input(kW):			3,03	4,04	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46	18,00			
Correction Factor(Indoor Unit)					
Temperature(Normal):	0,97	1,00	-	-	
Temperature(Fresh Air):	-	-	-	-	
Temperature(ATW Hex.):	-	-	-	-	
Outdoor Unit Corrected COP:	5,10	4,46			
System COP:	4,79	4,28			
Additional Refrigerant:	2,5	kg			*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0	/	22,4	kg	
Condition					
Cooling					
Indoor DB	25,0	℃	Humidity	50	%
Indoor WB	17,9	℃			
Outdoor DB	34,4	℃			
Heating					
Indoor DB	20,0	℃			
Outdoor DB	5,9	℃	Humidity	82	%
Outdoor WB	4,6	℃			

Eficiência do sistema de AVAC em Lisboa - Cenário atual

Anexo D

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,56 0,66	
Temperature:	0,97 1,00	1,03 1,08	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,94	- -	
Total Derate:	0,97 0,94	0,58 0,71	
O/U available capa.(kW):	21,80 23,48		
O/U available input(kW):		3,48 4,32	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	4,44 4,16		
System COP:	4,20 4,01		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	IndoorWB 17,9 °C
Outdoor DB	38,6 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	5,8 °C	Humidity 73 %	OutdoorWB 3,8 °C

Eficiência do sistema de AVAC em Lisboa - Cenário SSP2-4.5

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,57 0,64	
Temperature:	0,97 1,00	1,05 1,06	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,96	- -	
Total Derate:	0,97 0,96	0,60 0,67	
O/U available capa.(kW):	21,63 24,06		
O/U available input(kW):		3,59 4,07	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	4,30 4,42		
System COP:	4,07 4,25		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	IndoorWB 17,9 °C
Outdoor DB	39,6 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	6,3 °C	Humidity 76 %	OutdoorWB 4,6 °C

Eficiência do sistema de AVAC em Lisboa - Cenário SSP3-7.0

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,55	0,62
Temperature:	0,99 1,00	0,99	1,03
Piping Length:	1,00 1,00	-	-
Defrosting:	- 0,98	-	-
Total Derate:	0,99 0,98	0,54	0,65
O/U available capa.(kW):	22,13 24,38		
O/U available input(kW):		3,26	3,93
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	-	-
Temperature(Fresh Air):	- -	-	-
Temperature(ATW Hex.):	- -	-	-
Outdoor Unit Corrected COP:	4,74 4,58		
System COP:	4,47 4,40		
Additional Refrigerant:	2,5 kg	*Critical Concentration of R410A	
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	36,6 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	6,3 °C	Humidity 82 %	Outdoor WB 5,0 °C

Eficiência do sistema de AVAC em Lisboa - Cenário SSP5-8.5

Dados das simulações realizadas no caso de estudo 2 – Porto

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,53	0,74
Temperature:	1,01 1,00	0,92	1,12
Piping Length:	1,00 1,00	-	-
Defrosting:	- 0,87	-	-
Total Derate:	1,01 0,87	0,49	0,83
O/U available capa.(kW):	22,65 21,69		
O/U available input(kW):		2,94	5,07
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	-	-
Temperature(Fresh Air):	- -	-	-
Temperature(ATW Hex.):	- -	-	-
Outdoor Unit Corrected COP:	5,25 3,54		
System COP:	4,91 3,43		
Additional Refrigerant:	2,5 kg	*Critical Concentration of R410A	
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	33,6 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	3,5 °C	Humidity 85 %	Outdoor WB 2,5 °C

Eficiência do sistema de AVAC no Porto - Cenário atual

Anexo D

Check Box

Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (CoolHeat)	Input (CoolHeat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,54 0,78	
Temperature:	1,00 1,00	0,94 1,15	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,84	- -	
Total Derate:	1,00 0,84	0,50 0,90	
O/U available capa (kW):	22,49 20,95		
O/U available input(kW):		3,04 5,47	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	5,09 3,28		
System COP:	4,77 3,19		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	

Condition

Cooling

Indoor DB 25,0 °C Humidity 50 % IndoorWB 17,9 °C
OutdoorDB 34,5 °C

Heating

Indoor DB 20,0 °C
OutdoorDB 3,5 °C Humidity 75 % OutdoorWB 1,8 °C

Eficiência do sistema de AVAC no Porto - Cenário SSP2-4.5

Check Box

Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (CoolHeat)	Input (CoolHeat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,54 0,72	
Temperature:	1,00 1,00	0,96 1,11	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,88	- -	
Total Derate:	1,00 0,88	0,52 0,80	
O/U available capa (kW):	22,30 22,10		
O/U available input(kW):		3,15 4,88	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	4,90 3,68		
System COP:	4,61 3,56		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	

Condition

Cooling

Indoor DB 25,0 °C Humidity 50 % IndoorWB 17,9 °C
OutdoorDB 35,6 °C

Heating

Indoor DB 20,0 °C
OutdoorDB 4,4 °C Humidity 77 % OutdoorWB 2,8 °C

Eficiência do sistema de AVAC no Porto - Cenário SSP3-7.0

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool/Heat)	Input (Cool/Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,54 0,70	
Temperature:	1,00 1,00	0,95 1,10	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,90	- -	
Total Derate:	1,00 0,90	0,51 0,77	
O/U available capa.(kW):	22,42 22,51		
O/U available input(kW):		3,08 4,70	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	5,02 3,82		
System COP:	4,71 3,70		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	34,9 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	4,2 °C	Humidity 84 %	Outdoor WB 3,1 °C

Eficiência do sistema de AVAC no Porto - Cenário SSP5-8.5

Dados das simulações realizadas no caso de estudo 3 – Bragança

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool/Heat)	Input (Cool/Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,54 0,76	
Temperature:	0,99 0,91	0,98 1,28	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,94	- -	
Total Derate:	0,99 0,86	0,53 0,97	
O/U available capa.(kW):	22,22 21,44		
O/U available input(kW):		3,20 5,87	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	4,82 3,06		
System COP:	4,54 2,98		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	36,1 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	-5,0 °C	Humidity 84 %	Outdoor WB -5,7 °C

Eficiência do sistema de AVAC em Bragança - Cenário Atual

Anexo D

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00	1,00	0,56 0,78
Temperature:	0,97	0,88	1,04 1,27
Piping Length:	1,00	1,00	- -
Defrosting:	-	0,95	- -
Total Derate:	0,97	0,84	0,58 0,99
O/U available capa.(kW):	21,73	20,93	
O/U available input(kW):			3,52 6,04
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46	18,00	
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97	1,00	- -
Temperature(Fresh Air):	-	-	- -
Temperature(ATW Hex.):	-	-	- -
Outdoor Unit Corrected COP:	4,38	2,97	
System COP:	4,15	2,90	
Additional Refrigerant:	2,5	kg	*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	39,0 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	-5,7 °C	Humidity 71 %	Outdoor WB -7,0 °C

Eficiência energética do sistema de AVAC em Bragança - Cenário SSP2-4.5

Check Box			
Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00	1,00	0,57 0,76
Temperature:	0,96	0,90	1,06 1,27
Piping Length:	1,00	1,00	- -
Defrosting:	-	0,95	- -
Total Derate:	0,96	0,86	0,60 0,97
O/U available capa.(kW):	21,66	21,40	
O/U available input(kW):			3,64 5,87
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46	18,00	
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97	1,00	- -
Temperature(Fresh Air):	-	-	- -
Temperature(ATW Hex.):	-	-	- -
Outdoor Unit Corrected COP:	4,24	3,06	
System COP:	4,02	2,98	
Additional Refrigerant:	2,5	kg	*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	
Condition			
Cooling			
Indoor DB	25,0 °C	Humidity 50 %	Indoor WB 17,9 °C
Outdoor DB	40,0 °C		
Heating			
Indoor DB	20,0 °C		
Outdoor DB	-5,2 °C	Humidity 79 %	Outdoor WB -6,1 °C

Eficiência energética do sistema de AVAC em Bragança – Cenário SSP3-7.0

Check Box: — □ ✕

Indoor Unit:	5 / 1 to 20		
Capacity:	143 / 100 to 260	71,5%	
Connectable to 100% or more, but the Capacity is up to 100%.			
Total Pipe Length:	0,0 / 1000,0	m	
Furthest Actual:	0,0 / 165,0	m	
Equivalent:	0,0 / 190,0	m	
After First Branch Actual:	0,0 / 90,0	m	
Equivalent:	0,0 / 90,0	m	
Correction Factor(Outdoor Unit)	Capa. (Cool Heat)	Input (Cool Heat)	
Outdoor Unit Capacity:	1,00 1,00	0,56 0,76	
Temperature:	0,98 0,90	1,01 1,28	
Piping Length:	1,00 1,00	- -	
Defrosting:	- 0,96	- -	
Total Derate:	0,98 0,86	0,56 0,96	
O/U available capa.(kW):	21,91 21,45		
O/U available input(kW):		3,40 5,86	
Indoor Unit Actual Capacity(kW):	15,46 18,00		
Correction Factor(Indoor Unit)			
Temperature(Normal):	0,97 1,00	- -	
Temperature(Fresh Air):	- -	- -	
Temperature(ATW Hex.):	- -	- -	
Outdoor Unit Corrected COP:	4,64 3,07		
System COP:	4,29 2,99		
Additional Refrigerant:	2,5 kg		*Critical Concentration of R410A
Total Refrigerant Amount:	9,0 / 22,4	kg	

Condition

Cooling

Indoor DB	25,0 °C	Humidity	60 %	Indoor WB	17,9 °C
Outdoor DB	37,9 °C				

Heating

Indoor DB	20,0 °C				
Outdoor DB	-5,0 °C	Humidity	77 %	Outdoor WB	-6,0 °C

Eficiência energética do sistema de AVAC em Bragaça - Cenário SSP5-8.5

Anexo E - Energias renováveis nos diferentes casos de estudo



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

11,6 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 22 597 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 4 465 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -120 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -151 kWh/ano

produção (AC): 4 063 kWh/ano

autoconsumo (AC): 522 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 218 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 34%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 5 módulos Q-cells 485W (11,6 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17	°C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	1 303	1 432	1 916	2 104	2 272	2 322	2 540	2 419	2 165	1 722	1 380	1 022	22 597	kWh
produção fotovoltaica (DC)	266	292	384	417	450	469	491	467	419	344	277	206	4 465	kWh
perdas do sistema (DC)	-7	-8	-10	-11	-12	-13	-13	-13	-11	-9	-7	-6	-120	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-9	-10	-13	-14	-15	-16	-17	-16	-14	-12	-9	-7	-151	kWh
produção disponível (AC)	242	266	350	380	409	427	446	425	381	313	252	187	4 063	kWh
necessidades do edifício (AC)	320	289	320	0	0	0	0	0	0	0	310	320	1 558	kWh
autoconsumo (AC)	101	109	127	0	0	0	0	0	0	0	102	83	522	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	141	297	520	522	522	522	522	522	522	522	522	522	522	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 349 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 218 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 45 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 2,4 kW	– deve ser menor que a potência contratada
4 063 kWh > 1 558 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração: 522 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

11,6 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 22 597 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 4 465 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -120 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -151 kWh/ano

produção (AC): 4 063 kWh/ano

autoconsumo (AC): 1 665 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 694 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 15%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 5 módulos Q-cells 485W (11,6 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17 °C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1 303	1 432	1 916	2 104	2 272	2 322	2 540	2 419	2 165	1 722	1 380	1 022	22 597 kWh
produção fotovoltaica (DC)	266	292	384	417	450	469	491	467	419	344	277	206	4 465 kWh
perdas do sistema (DC)	-7	-8	-10	-11	-12	-13	-13	-13	-11	-9	-7	-6	-120 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-9	-10	-13	-14	-15	-16	-17	-16	-14	-12	-9	-7	-151 kWh
produção disponível (AC)	242	266	350	380	409	427	446	425	381	313	252	187	4 063 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 774	2 774	2 774	2 684	0	0	0	10 916 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	413	446	425	381	0	0	0	1 665 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	242	507	857	1 237	1 646	1 646	1 646	1 646	1 646	1 665	1 665	1 665	1 665 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 349 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 694 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 144 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 2,4 kW – deve ser menor que a potência contratada

4 063 kWh < 10 916 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 1 665 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

11,6 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 22 597 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 4 465 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -120 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -151 kWh/ano

produção (AC): 4 063 kWh/ano

autoconsumo (AC): 331 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 138 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 43%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 5 módulos Q-cells 485W (11,6 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17 °C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1 303	1 432	1 916	2 104	2 272	2 322	2 540	2 419	2 165	1 722	1 380	1 022	22 597 kWh
produção fotovoltaica (DC)	266	292	384	417	450	469	491	467	419	344	277	206	4 465 kWh
perdas do sistema (DC)	-7	-8	-10	-11	-12	-13	-13	-13	-11	-9	-7	-6	-120 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-9	-10	-13	-14	-15	-16	-17	-16	-14	-12	-9	-7	-151 kWh
produção disponível (AC)	242	266	350	380	409	427	446	425	381	313	252	187	4 063 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	251	259	0	0	0	0	259	0	0	768 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	106	121	0	0	0	0	104	0	0	331 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	242	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 349 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 138 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 29 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 2,4 kW	– deve ser menor que a potência contratada
4 063 kWh > 768 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração: 331 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

16,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 3,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 31 636 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 6 251 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -168 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -212 kWh/ano

produção (AC): 5 688 kWh/ano

autoconsumo (AC): 497 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 146 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (*performance ratio*)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 35%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 7 módulos Q-cells 485W (16,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 3,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17	°C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	1 824	2 005	2 683	2 945	3 180	3 251	3 556	3 386	3 032	2 410	1 932	1 431	31 636	kWh
produção fotovoltaica (DC)	372	409	538	584	630	657	687	653	587	481	387	288	6 251	kWh
perdas do sistema (DC)	-10	-11	-14	-16	-17	-18	-18	-18	-16	-13	-10	-8	-168	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-13	-14	-18	-20	-21	-22	-23	-20	-20	-16	-13	-10	-212	kWh
produção disponível (AC)	338	372	490	531	573	598	625	594	534	438	353	262	5 688	kWh
necessidades do edifício (AC)	292	263	292	0	0	0	0	0	0	0	282	292	1 421	kWh
autoconsumo (AC)	96	103	120	0	0	0	0	0	0	0	97	81	497	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	242	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	497	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(<i>performance ratio</i>)		i.e.:	349 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	146 kWh/kW instalado	
			(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e.:	31 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	3,4 kW	– deve ser menor que a potência contratada
5 688 kWh >	1 421 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	497 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

16,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 3,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 31 636 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 6 251 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -168 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -212 kWh/ano

produção (AC): 5 688 kWh/ano

autoconsumo (AC): 2 332 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 686 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 20%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 7 módulos Q-cells 485W (16,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 3,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17	°C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	1 824	2 005	2 683	2 945	3 180	3 251	3 556	3 386	3 032	2 410	1 932	1 431	31 636	kWh
produção fotovoltaica (DC)	372	409	538	584	630	657	687	653	587	481	387	288	6 251	kWh
perdas do sistema (DC)	-10	-11	-14	-16	-17	-18	-18	-18	-16	-13	-10	-8	-168	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-13	-14	-18	-20	-21	-22	-23	-20	-20	-16	-13	-10	-212	kWh
produção disponível (AC)	338	372	490	531	573	598	625	594	534	438	353	262	5 688	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 997	2 997	2 997	2 900	0	0	0	11 794	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	578	625	594	534	0	0	0	2 332	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	338	710	1 200	1 731	2 304	2 304	2 304	2 304	2 304	2 332	2 332	2 332	2 332	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 349 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 686 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 143 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 3,4 kW – deve ser menor que a potência contratada

5 688 kWh < 11 794 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 2 332 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

16,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 3,4 kW (nominal)

energia solar incidente: 31 636 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 6 251 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -168 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -212 kWh/ano

produção (AC): 5 688 kWh/ano

autoconsumo (AC): 342 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 101 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 44%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 7 módulos Q-cells 485W (16,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 3,4 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17 °C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1 824	2 005	2 683	2 945	3 180	3 251	3 556	3 386	3 032	2 410	1 932	1 431	31 636 kWh
produção fotovoltaica (DC)	372	409	538	584	630	657	687	653	587	481	387	288	6 251 kWh
perdas do sistema (DC)	-10	-11	-14	-16	-17	-18	-18	-18	-16	-13	-10	-8	-168 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-13	-14	-18	-20	-21	-22	-23	-20	-20	-16	-13	-10	-212 kWh
produção disponível (AC)	338	372	490	531	573	598	625	594	534	438	353	262	5 688 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	251	259	0	0	0	0	259	0	0	768 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	110	126	0	0	0	0	105	0	0	342 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	338	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.:	349 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	101 kWh/kW instalado	
			(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e.:	21 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	3,4 kW	– deve ser menor que a potência contratada
5 688 kWh >	768 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	342 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

14,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 27 117 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 5 358 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -144 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -182 kWh/ano

produção (AC): 4 876 kWh/ano

autoconsumo (AC): 521 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 180 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 34%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 6 módulos Q-cells 485W (14,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,9 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17	°C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	1 564	1 719	2 300	2 525	2 726	2 787	3 048	2 903	2 599	2 066	1 656	1 226	27 117	kWh
produção fotovoltaica (DC)	319	350	461	501	540	563	589	560	503	412	332	247	5 358	kWh
perdas do sistema (DC)	-9	-9	-12	-13	-15	-15	-16	-15	-14	-11	-9	-7	-144	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-11	-12	-16	-17	-18	-19	-20	-19	-17	-14	-11	-8	-182	kWh
produção disponível (AC)	290	319	420	456	491	512	536	510	458	375	302	225	4 876	kWh
necessidades do edifício (AC)	311	281	311	0	0	0	0	0	0	0	301	311	1 515	kWh
autoconsumo (AC)	101	108	126	0	0	0	0	0	0	0	102	84	521	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	189	400	521	521	521	521	521	521	521	521	521	521	521	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	349 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	180 kWh/kW instalado	
				i.e.	37 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	2,9 kW	– deve ser menor que a potência contratada
4 876 kWh >	1 515 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	521 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

14,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 27 117 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 5 358 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -144 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -182 kWh/ano

produção (AC): 4 876 kWh/ano

autoconsumo (AC): 1 998 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 689 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 18%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 6 módulos Q-cells 485W (14,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,9 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17 °C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1 564	1 719	2 300	2 525	2 726	2 787	3 048	2 903	2 599	2 066	1 656	1 226	27 117 kWh
produção fotovoltaica (DC)	319	350	461	501	540	563	589	560	503	412	332	247	5 358 kWh
perdas do sistema (DC)	-9	-9	-12	-13	-15	-15	-16	-15	-14	-11	-9	-7	-144 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-11	-12	-16	-17	-18	-19	-20	-19	-17	-14	-11	-8	-182 kWh
produção disponível (AC)	290	319	420	456	491	512	536	510	458	375	302	225	4 876 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 847	2 847	2 847	2 755	0	0	0	11 205 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	496	536	510	458	0	0	0	1 998 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	290	609	1 028	1 484	1 975	1 975	1 975	1 975	1 975	1 998	1 998	1 998	1 998 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	349 kWh/m ² instalado	
				exploração real	689 kWh/kW instalado	
				(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e. 143 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 2,9 kW – deve ser menor que a potência contratada

4 876 kWh < 11 205 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 1 998 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 1

(Lisboa)

14,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 2,9 kW (nominal)

energia solar incidente: 27 117 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 5 358 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -144 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -182 kWh/ano

produção (AC): 4 876 kWh/ano

autoconsumo (AC): 337 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1676 kWh/kW instalado

aproveitado: 116 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 44%

Local e clima

NUTS III: Grande Lisboa

Município: Lisboa

Local: Caso de Estudo 1

elevação: Grande Lisboa malbedo: 22%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 6 módulos Q-cells 485W (14,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 2,9 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	4,6	6,4	9,6	14,2	15,9	19,2	21,4	17,3	13,7	7,5	5,6	3,3	11,6	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,1	10,7	12,6	15,3	14,8	16,7	19,1	17,7	16,6	11,3	10,4	6,8	13,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,0	10,5	12,4	15,0	14,5	16,3	18,6	17,3	16,3	11,2	10,3	6,7	13,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	16,1	21,3	28,4	35,2	39,8	41,7	40,6	36,8	30,7	23,6	17,5	14,5	28,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	8,0	11,2	16,0	20,8	24,6	27,4	28,4	24,2	19,4	13,0	9,0	6,3	17,4	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	13,3	16,3	19,8	22,5	23,5	24,9	26,3	25,0	23,0	17,7	14,6	10,5	19,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	13,0	15,8	19,1	21,7	22,7	23,9	25,3	24,1	22,3	17,2	14,2	10,2	19,1	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	11	12	14	15	17	20	23	23	22	18	15	12	17	°C
nos módulos (média diurna)	35	34	37	36	38	41	47	51	52	46	44	36	41	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	1 564	1 719	2 300	2 525	2 726	2 787	3 048	2 903	2 599	2 066	1 656	1 226	27 117	kWh
produção fotovoltaica (DC)	319	350	461	501	540	563	589	560	503	412	332	247	5 358	kWh
perdas do sistema (DC)	-9	-9	-12	-13	-15	-15	-16	-15	-14	-11	-9	-7	-144	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-11	-12	-16	-17	-18	-19	-20	-19	-17	-14	-11	-8	-182	kWh
produção disponível (AC)	290	319	420	456	491	512	536	510	458	375	302	225	4 876	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	251	259	0	0	0	0	259	0	0	768	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	108	124	0	0	0	0	105	0	0	337	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	290	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1676 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.:	349 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	116 kWh/kW instalado	
			(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e.:	24 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	2,9 kW	– deve ser menor que a potência contratada
4 876 kWh >	768 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	337 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

4,7 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,0 kW (nominal)

energia solar incidente: 8 342 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 1 652 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -44 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -56 kWh/ano

produção (AC): 1 503 kWh/ano

autoconsumo (AC): 532 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 532 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 19%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 2 módulos Q-cells 485W (4,7 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,0 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	397	508	728	795	877	921	984	953	822	605	444	308	8 342	kWh
produção fotovoltaica (DC)	81	103	146	159	174	187	191	184	160	121	90	62	1 652	kWh
perdas do sistema (DC)	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-2	-2	-44	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-56	kWh
produção disponível (AC)	74	94	133	145	158	170	174	168	146	110	82	56	1 503	kWh
necessidades do edifício (AC)	489	442	489	0	0	0	0	0	0	489	473	489	2 870	kWh
autoconsumo (AC)	73	92	125	0	0	0	0	0	0	107	80	56	532	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	1	3	12	157	315	479	532	532	532	532	532	532	532	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	323 kWh/m ² instalado	
				exploração real	532 kWh/kW instalado	
				i.e.	113 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,0 kW – deve ser menor que a potência contratada

1 503 kWh < 2 870 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 532 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

4,7 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,0 kW (nominal)

energia solar incidente:

8 342 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC):

1 652 kWh/ano

perdas de sistema (DC):

-44 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC):

-56 kWh/ano

produção (AC):

1 503 kWh/ano

autoconsumo (AC):

652 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 652 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 8%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 2 módulos Q-cells 485W (4,7 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,0 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	397	508	728	795	877	921	984	953	822	605	444	308	8 342	kWh
produção fotovoltaica (DC)	81	103	146	159	174	187	191	184	160	121	90	62	1 652	kWh
perdas do sistema (DC)	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-2	-2	-44	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-56	kWh
produção disponível (AC)	74	94	133	145	158	170	174	168	146	110	82	56	1 503	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	1 969	1 969	1 969	1 905	0	0	0	7 747	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	164	174	168	146	0	0	0	652	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	74	168	301	446	604	604	604	604	604	652	652	652	652	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	323 kWh/m ² instalado	
				exploração real	652 kWh/kW instalado	
			(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e.	139 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,0 kW – deve ser menor que a potência contratada

1 503 kWh < 7 747 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 652 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

4,7 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,0 kW (nominal)

energia solar incidente:

8 342 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC):

1 652 kWh/ano

perdas de sistema (DC):

-44 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC):

-56 kWh/ano

produção (AC):

1 503 kWh/ano

autoconsumo (AC):

198 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 198 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (*performance ratio*)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 39%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 2 módulos Q-cells 485W (4,7 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,0 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	397	508	728	795	877	921	984	953	822	605	444	308	8 342	kWh
produção fotovoltaica (DC)	81	103	146	159	174	187	191	184	160	121	90	62	1 652	kWh
perdas do sistema (DC)	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-4	-3	-2	-2	-44	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-56	kWh
produção disponível (AC)	74	94	133	145	158	170	174	168	146	110	82	56	1 503	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	252	260	0	0	0	0	0	0	0	512	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	94	104	0	0	0	0	0	0	0	198	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	74	168	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(<i>performance ratio</i>)		i.e.:	323 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	198 kWh/kW instalado	
			(sistema provavelmente sobredimensionado)	i.e.:	42 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	1,0 kW	– deve ser menor que a potência contratada
1 503 kWh >	512 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	198 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 629 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1531 kWh/kW instalado

aproveitado: 419 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 26%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513	kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478	kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84	kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255	kWh
necessidades do edifício (AC)	414	374	414	0	0	0	0	0	0	414	400	414	2 429	kWh
autoconsumo (AC)	90	105	138	0	0	0	0	0	0	126	99	71	629	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	21	57	119	336	573	629	629	629	629	629	629	629	629	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1531 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 319 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 419 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 90 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
2 255 kWh < 2 429 kWh	[produção anual < consumo anual]
Passível de remuneração: 629 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 977 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 652 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 11%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513	kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478	kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84	kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 181	2 181	2 181	2 110	0	0	0	8 582	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	247	261	252	218	0	0	0	977	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	111	252	451	668	906	906	906	906	906	977	977	977	977	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 323 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 652 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 140 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
2 255 kWh < 8 582 kWh	[produção anual < consumo anual]
Passível de remuneração: 977 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 218 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 145 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 42%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16 °C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513 kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478 kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84 kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	252	260	0	0	0	0	0	0	0	512 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	103	114	0	0	0	0	0	0	0	218 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	111	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	323 kWh/m ² instalado	
				exploração real	145 kWh/kW instalado	
				i.e.	31 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	1,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
2 255 kWh >	512 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	218 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 721 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1513 kWh/kW instalado

aproveitado: 480 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 89% (performance ratio)

i.e. 18% da energia incidente

necessidades cobertas: 23%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513	kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478	kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84	kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255	kWh
necessidades do edifício (AC)	540	488	540	0	0	0	0	0	0	540	523	540	3 171	kWh
autoconsumo (AC)	101	123	162	0	0	0	0	0	0	145	111	78	721	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	10	29	66	283	520	721	721	721	721	721	721	721	721	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 18% da energia incidente		produtividade técnica: 1513 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 89% (performance ratio)		i.e. 315 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 480 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 103 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
2 255 kWh < 3 171 kWh	[produção anual < consumo anual]
Passível de remuneração: 721 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 977 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 652 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 13%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513	kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478	kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84	kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	1 971	1 971	1 971	1 907	0	0	0	7 756	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	247	261	252	218	0	0	0	977	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	111	252	451	668	906	906	906	906	906	977	977	977	977	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica	1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(performance ratio)		i.e.	323 kWh/m ² instalado	
				exploração real	652 kWh/kW instalado	
				i.e.	140 kWh/m ² instalado	

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,5 kW – deve ser menor que a potência contratada

2 255 kWh < 7 756 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 977 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de Estudo 2

(Porto)

7,0 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 12 513 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 478 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -67 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -84 kWh/ano

produção (AC): 2 255 kWh/ano

autoconsumo (AC): 218 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado

aproveitado: 145 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 42%

Local e clima

NUTS III: Grande Porto

Município: Porto

Local: Caso de Estudo 2

elevação: Grande Porto m albedo: 5%

obstruções do horizonte

azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W

altura angular: 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 3 módulos Q-cells 485W (7,0 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	3,0	5,3	8,7	11,7	14,7	18,3	19,2	16,6	12,1	6,0	3,7	2,0	10,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	6,2	9,1	11,9	13,2	14,0	16,2	17,6	17,3	15,3	9,4	7,3	4,5	11,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	6,1	9,0	11,7	12,9	13,7	15,8	17,2	16,9	15,0	9,3	7,3	4,4	11,6	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,6	20,0	27,3	34,6	39,7	41,7	40,6	36,3	29,8	22,4	16,0	13,0	28,0	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,4	9,9	15,0	19,4	23,3	26,6	26,9	23,5	18,0	11,4	7,5	5,0	16,1	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	10,2	14,5	18,8	21,2	22,7	24,6	25,4	24,6	21,9	15,6	11,8	7,9	18,3	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,9	14,0	18,1	20,5	21,9	23,7	24,5	23,8	21,2	15,1	11,4	7,7	17,6	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	10	11	13	14	16	20	22	22	21	17	14	12	16	°C
nos módulos (média diurna)	31	32	36	34	36	40	44	49	49	44	41	33	39	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	596	762	1 092	1 193	1 315	1 382	1 476	1 429	1 234	907	666	462	12 513	kWh
produção fotovoltaica (DC)	122	155	219	238	261	280	286	277	240	181	135	93	2 478	kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-4	-6	-6	-7	-8	-8	-7	-6	-5	-4	-2	-67	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-4	-5	-7	-8	-9	-9	-10	-9	-8	-6	-5	-3	-84	kWh
produção disponível (AC)	111	141	200	217	238	255	261	252	218	165	123	84	2 255	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	252	260	0	0	0	0	0	0	0	512	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	103	114	0	0	0	0	0	0	0	218	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	111	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1550 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 323 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 145 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 31 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
2 255 kWh > 512 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração: 218 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 4 057 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 804 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -22 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -27 kWh/ano

produção (AC): 732 kWh/ano

autoconsumo (AC): 335 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado

aproveitado: 670 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	1 870	1 689	1 870	1 809	0	0	0	0	0	1 870	1 809	1 870	12 786 kWh
autoconsumo (AC)	36	45	66	69	0	0	0	0	0	53	37	29	335 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	0	0	0	0	77	159	243	327	335	335	335	335	335 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 314 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 670 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 146 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 0,5 kW – deve ser menor que a potência contratada

732 kWh < 12 786 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 335 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente:	4 057 kWh/ano
produção fotovoltaica potencial (DC):	804 kWh/ano
perdas de sistema (DC):	-22 kWh/ano
perdas e consumos parasíticos (AC):	-27 kWh/ano
produção (AC):	732 kWh/ano
autoconsumo (AC):	320 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado
aproveitado:	640 kWh/kW instalado
rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)
i.e.	17% da energia incidente
necessidades cobertas:	3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2	kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9	kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7	kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8	kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2	kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14	°C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34	°C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual	
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057	kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804	kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22	kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27	kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732	kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 462	2 462	2 462	2 382	0	0	0	9 689	kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	81	84	84	70	0	0	0	320	kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	81	147	216	293	293	293	293	293	320	320	320	320	kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(<i>performance ratio</i>)		i.e.	314 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	640 kWh/kW instalado	
				i.e.	139 kWh/m ² instalado	

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh <	9 689 kWh	[produção anual < consumo anual]
Passível de remuneração:	320 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3 (Bragança)		energia solar incidente:	4 057 kWh/ano	Índices de desempenho	
2,3 m ² de módulos Q-cells 485W	montagem fixa	produção fotovoltaica potencial (DC):	804 kWh/ano	produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado
com inclinação 35° e orientação 0°.	Potência: 0,5 kW (nominal)	perdas de sistema (DC):	-22 kWh/ano	aproveitado:	149 kWh/kW instalado
		perdas e consumos parasíticos (AC):	-27 kWh/ano	rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)
		produção (AC):	732 kWh/ano	i.e.	17% da energia incidente
		autoconsumo (AC):	75 kWh/ano	necessidades cobertas:	29%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes	Município: Bragança	Local: Caso de estudo 3	elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%																
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia
radiação solar global	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C
energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	257	0	0	0	0	0	0	0	257 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	75 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17% da energia incidente		produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)		i.e.	314 kWh/m ² instalado	
			exploração real:	149 kWh/kW instalado	
			i.e.	32 kWh/m ² instalado	

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh >	257 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	75 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 4 057 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 804 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -22 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -27 kWh/ano

produção (AC): 732 kWh/ano

autoconsumo (AC): 335 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado

aproveitado: 670 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	1 746	1 577	1 746	1 690	0	0	0	0	0	1 746	1 690	1 746	11 942 kWh
autoconsumo (AC)	36	45	66	69	0	0	0	0	0	53	37	29	335 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	0	0	0	0	77	159	243	327	335	335	335	335	335 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 314 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 670 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 146 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 0,5 kW – deve ser menor que a potência contratada

732 kWh < 11 942 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 335 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 4 057 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 804 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -22 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -27 kWh/ano

produção (AC): 732 kWh/ano

autoconsumo (AC): 320 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado

aproveitado: 640 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 650	2 650	2 650	2 565	0	0	0	10 430 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	81	84	84	70	0	0	0	320 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	81	147	216	293	293	293	293	293	320	320	320	320 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 314 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 640 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 139 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 0,5 kW – deve ser menor que a potência contratada

732 kWh < 10 430 kWh [produção anual < consumo anual]

Passível de remuneração: 320 kWh



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 4 057 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 804 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -22 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -27 kWh/ano

produção (AC): 732 kWh/ano

autoconsumo (AC): 75 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado

aproveitado: 149 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 29%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	257	0	0	0	0	0	0	0	257 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	75 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 314 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 149 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 32 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh > 257 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração: 75 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3 (Bragança)		energia solar incidente:	4 057 kWh/ano	Índices de desempenho	
2,3 m ² de módulos Q-cells 485W	montagem fixa	produção fotovoltaica potencial (DC):	804 kWh/ano	produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado
com inclinação 35° e orientação 0°.	Potência: 0,5 kW (nominal)	perdas de sistema (DC):	-22 kWh/ano	aproveitado:	670 kWh/kW instalado
		perdas e consumos parasíticos (AC):	-27 kWh/ano	rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)
		produção (AC):	732 kWh/ano	i.e.	17% da energia incidente
		autoconsumo (AC):	335 kWh/ano	necessidades cobertas:	3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes	Município: Bragança	Local: Caso de estudo 3	elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%																
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia
radiação solar global	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C
energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	1 874	1 693	1 874	1 814	0	0	0	0	0	1 874	1 814	1 874	12 817 kWh
autoconsumo (AC)	36	45	66	69	0	0	0	0	0	53	37	29	335 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	0	0	0	0	77	159	243	327	335	335	335	335	335 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17% da energia incidente		produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)		i.e.	314 kWh/m ² instalado	
			exploração real:	670 kWh/kW instalado	
			i.e.	146 kWh/m ² instalado	

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh < 12 817 kWh	[produção anual < consumo anual]	
Passível de remuneração:	335 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3

(Bragança)

2,3 m² de módulos Q-cells 485W

montagem fixa

com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 0,5 kW (nominal)

energia solar incidente: 4 057 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 804 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -22 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -27 kWh/ano

produção (AC): 732 kWh/ano

autoconsumo (AC): 320 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado

aproveitado: 640 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 88% (performance ratio)

i.e. 17% da energia incidente

necessidades cobertas: 3%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Bragança

Local: Caso de estudo 3

elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	0	2 330	2 330	2 330	2 255	0	0	0	9 170 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	0	81	84	84	70	0	0	0	320 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	81	147	216	293	293	293	293	293	320	320	320	320 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 17% da energia incidente		produtividade técnica: 1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo: 88% (performance ratio)		i.e. 314 kWh/m ² instalado	
		exploração real: 640 kWh/kW instalado	
(sistema provavelmente sobredimensionado)		i.e. 139 kWh/m ² instalado	

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh < 9 170 kWh	[produção anual < consumo anual]
Passível de remuneração: 320 kWh	



Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Caso de estudo 3 (Bragança)		energia solar incidente:	4 057 kWh/ano	Índices de desempenho	
2,3 m ² de módulos Q-cells 485W	montagem fixa	produção fotovoltaica potencial (DC):	804 kWh/ano	produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado
com inclinação 35° e orientação 0°.	Potência: 0,5 kW (nominal)	perdas de sistema (DC):	-22 kWh/ano	aproveitado:	149 kWh/kW instalado
		perdas e consumos parasíticos (AC):	-27 kWh/ano	rendimento relativo:	88% (<i>performance ratio</i>)
		produção (AC):	732 kWh/ano	i.e.	17% da energia incidente
		autoconsumo (AC):	75 kWh/ano	necessidades cobertas:	29%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes	Município: Bragança	Local: Caso de estudo 3	elevação: Alto Trás-os-Moralbedo: 2%																
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 1 módulos Q-cells 485W (2,3 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 0,5 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 38 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,5% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais).

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de inversão e controlo típico A+ (97%) com eficiência 97,0% (definição Europeia).

Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT. Sem consumos parasíticos.

Sem baterias.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m ² .dia
radiação solar global	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m ² .dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m ² .dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m ² .dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m ² .dia

Desempenho energético

temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	6	7	10	12	15	20	23	23	20	15	10	7	14 °C
nos módulos (média diurna)	20	23	29	29	33	40	46	51	47	37	30	22	34 °C
energia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	191	238	358	378	426	457	482	480	398	291	201	156	4 057 kWh
produção fotovoltaica (DC)	39	49	73	76	85	92	92	92	77	58	41	32	804 kWh
perdas do sistema (DC)	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-22 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-1	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-27 kWh
produção disponível (AC)	36	45	66	69	77	84	84	84	70	53	37	29	732 kWh
necessidades do edifício (AC)	0	0	0	0	257	0	0	0	0	0	0	0	257 kWh
autoconsumo (AC)	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	75 kWh
acumulado entregue à rede, passível de remuneração (AC)	36	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global:	17%	da energia incidente		produtividade técnica:	1510 kWh/kW instalado	
rendimento relativo:	88%	(<i>performance ratio</i>)		i.e.	314 kWh/m ² instalado	
				exploração real:	149 kWh/kW instalado	
				i.e.	32 kWh/m ² instalado	

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema:	0,5 kW	– deve ser menor que a potência contratada
732 kWh >	257 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo
Passível de remuneração:	75 kWh	