

**Modelos de Certificação Energética de Edifícios: Caso de Estudo Hotel da Luz em
Cabo Verde**

Eliane de Jesus da Costa de Carvalho

Dissertação de Mestrado apresentado à Escola de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de mestre em **Energias Renováveis e Eficiência Energética** em parceria com a *Universidade da Coruña* no âmbito do programa de dupla titulação em *Eficiência Energética e Sustentabilidade*

Orientado por Luís Manuel Frólén Ribeiro e António Couce Casanova

Agradecimentos

Em primeiro lugar sou grata a Deus, por ter me sustentado e guiado até aqui. Agradeço de forma especial a minha família, ao meu marido Robert Neves por todo apoio e a minha filha recém-nascida Hadassa Eloah, por me fazer descobrir que sou muito mais forte do que imaginava.

Sou grata aos meus pais, nas pessoas de José Ruí Freire Carvalho e Suzana da Costa Moreira de Carvalho, por terem incutido em mim desde cedo a importância de investir na educação e formação. Sempre me apoiaram, me guiaram com todos os suportes que tinham. Agradeço aos meus irmãos Vladimir Carvalho, Suzainne Carvalho e Hiliene Carvalho por sempre estarem do meu lado em tudo. Gratulo também ao grupo de oração Mulheres Virtuosas, nas pessoas de Janice, Milucy e Rosa, pelas orações e suporte.

Por último, mas não menos importante, agradeço aos meus orientadores Professor Doutor Luís Manuel Frólén Ribeiro e Professor Doutor António Couce Casanova, por terem me orientado nesse trabalho dando todo o suporte necessário. Agradeço também ao Instituto Politécnico de Bragança e a *Universidade da Coruña* pelo acordo de dupla titulação formado entre as duas instituições que tornaram este trabalho possível.

Meus sinceros obrigada a todos!

Dedicatória

Dedico este trabalho a Fundação Calouste Gulbenkian pela bolsa de mestrado proporcionado, por todo apoio e suporte. Sem essa bênção, o meu sonho de fazer mestrado não se concretizaria.



Muito obrigada por transformar vidas!

Resumo

Este estudo concentra-se na certificação energética de edifícios, com um foco específico no Hotel da Luz, localizado em Cabo Verde. O objetivo principal é obter um diagnóstico energético abrangente do edifício e desenvolver estratégias de racionalização de energia com soluções eficientes e sustentáveis. Para atingir esse objetivo, foram utilizados os programas IFC Builder e CYPETHERM HE Plus, que são ferramentas avançadas de modelagem e análise energética. Países como Cabo Verde, onde o fornecimento de energia depende de fontes não renováveis e importações custosas, a eficiência energética é essencial para reduzir os custos operacionais, diminuir a pegada de carbono e garantir a sustentabilidade energética. Neste estudo de caso, o Hotel da Luz foi submetido a uma análise detalhada em várias áreas-chave, que incluí sistemas de climatização, envoltentes térmicos, sistema de iluminação, ocupação, equipamentos elétricos, sistema de produção de águas quentes sanitária, consumo de energia e sistema de energias renováveis. O programa IFC Builder foi usado para modelar o edifício, levando em consideração sua geometria, *layout* e características construtivas. Em seguida, o CYPETHERM HE Plus foi empregue para simular o desempenho energético do edifício conforme o Código Técnico de Edifícios da Espanha (CTE-E). Com base nos resultados da análise energética, foi possível saber que o Hotel da Luz tem classe 17,46 A, para classificação energética das emissões de CO_2 , e 65,80 A para consumo de energia primária não renovável. A partir de então estratégias específicas foram desenvolvidas para melhorar ainda mais a eficiência energética do mesmo. A proposta de integração de sistema solar fotovoltaico para produção de eletricidade, abrange $159 m^2$ de área disponível orientada a Sul, permitindo produzir 9% á mais do que a necessidade energética por ano. Do mesmo modo englobando a energia do consumo de gás, a produção fotovoltaica continua maior em 8% do que a necessidade energética total anual. Foi feito também a comparação dos resultados do programa com as exigências da Certificação Energética em Edifícios de Cabo Verde (CEEE-CV).

Palavras-chaves: eficiência energética, certificação energética, edifício energeticamente eficiente.

Abstract

This study focuses on the energy certification of buildings, with a specific focus on Hotel da Luz, located in Cape Verde. The main objective is to obtain a comprehensive energy diagnosis of the building and to develop energy rationalization strategies with efficient and sustainable solutions. To achieve this goal, the IFC Builder and CYPETHERM HE Plus programs were used, which are advanced energy modelling and analysis tools. In countries such as Cape Verde, where energy supply depends on non-renewable sources and costly imports, energy efficiency is essential to reduce operating costs, decrease carbon footprint and ensure energy sustainability. In this case study, Hotel da Luz was subjected to a detailed analysis in several key areas, which included air conditioning systems, thermal envelopes, lighting system, occupancy, electrical equipment, domestic hot water production system, energy consumption and renewable energy system. The IFC Builder program was used to model the building, considering its geometry, layout, and construction characteristics. Next, CYPETHERM HE Plus was used to simulate the building's energy performance in accordance with the Spanish Technical Building Code (CTE-E). Based on the results of the energy analysis, it was possible to conclude that Hotel da Luz has class 17.46 A, for energy classification of CO_2 emissions, and 65.80 A for non-renewable primary energy consumption. Since then, specific strategies have been developed to further improve its energy efficiency. The proposal for the integration of a photovoltaic solar system for electricity production covers $159 m^2$ of available area facing south, allowing the production of 9% more than the energy requirement per year. Similarly, encompassing energy from gas consumption, photovoltaic production remains 8% higher than the total annual energy requirement. The results of the program were also compared with the requirements of the Energy Certification in Buildings of Cape Verde (CEEE-CV).

Keywords: energy efficiency, energy certification, energy efficient building.

Índice

1	Capítulo 1: Introdução.....	10
1.1	Objetivos	11
1.2	Enquadramento.....	12
1.3	Estrutura do Documento	14
2	Capítulo 2: Fundamentos Teóricos e Estado da Arte	15
2.1	Certificação Energética de Edifícios a Nível Mundial	15
2.2	Código Técnico de Edificação (CTE) da Espanha	17
2.2.1	Exigências normativas.....	18
2.2.2	Certificação de eficiência energética.....	19
2.2.3	Obrigatoriedade.....	20
2.2.4	Técnicos de certificação	20
2.2.5	Método de cálculo e ferramentas de classificação	21
2.2.6	Órgãos de controle e fiscalização.....	22
2.2.7	Etiqueta energética	23
2.3	Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE) de Cabo Verde.....	24
2.3.1	Exigências normativas.....	25
2.3.2	Certificação de eficiência energética.....	26
2.3.3	Obrigatoriedade.....	26
2.3.4	Técnicos de certificação	27
2.3.5	Método de cálculo e ferramentas de classificação	28
2.3.6	Órgãos de controle e fiscalização.....	29
2.3.7	Etiqueta energética	29
2.4	Estudos Recentes sobre Certificação Energética de Edifícios.....	29
3	Capítulo 3: Materiais e Métodos.....	31
3.1	Caso de estudo Hotel da Luz em Cabo Verde.....	31
3.1.1	Enquadramento Geográfico de Cabo Verde.....	31
3.1.2	Clima de Cabo Verde	32
3.1.3	Características Construtivas em Cabo Verde	33
3.1.4	Levantamento de informações do Hotel.....	35
3.1.5	Descrição do Edifício em Estudo	35
3.1.6	Envolvente Térmica Opaca	37
3.1.7	Envidraçados	38
3.1.8	Iluminação.....	38
3.1.9	Equipamentos elétricos	39
3.1.10	Sistema de climatização	39

3.1.11	Sistema de Água Quente Sanitária	40
3.1.12	Ocupação.....	41
3.1.13	Consumo de Energia	41
3.2	Método de Avaliação.....	42
3.2.1	Construção do modelo em <i>IFC-Builder</i>	42
3.2.2	Construção do modelo no <i>CypeTherm HE plus</i>	45
4	Capítulo 4: Resultados e Discussão.....	50
4.1	Resultados Exigência Básica HE 0 - Limitações do consumo de Energia.....	50
4.2	Resultados Requisito básico HE 1: Controle de necessidade de energia.	52
4.3	Resultados Requisito básico HE 4: Contribuição mínima de energia renovável para cobrir a demanda de Água Quente Sanitária (AQS)	52
4.4	Resultado de cálculo da necessidade e certificação energética	53
4.5	Proposta de Melhoria	55
5	Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros	58
6	Referências Bibliográficas	59

Índice de Figuras

Figura 1: Exemplo de etiqueta energética em Espanha.....	24
Figura 2:Gerador de Etiqueta de Eficiência Energética	28
Figura 3:Mapa de localização geográfica de Cabo Verde.....	31
Figura 4:Parede de bloco de cimento	34
Figura 5:Visão de cima do Hotel da Luz.....	36
Figura 6: Algumas imagens internas do Hotel da Luz	37
Figura 7: Espaços envidraçados	38
Figura 8:Exemplo da ar-condicionado instalado.....	40
Figura 9: Sistema solar térmico instalado	40
Figura 10:Variação do consumo de energia elétrica	41
Figura 11:Variação dos custos com energia elétrica	42
Figura 12: Definição das alturas do piso no programa IFC-Builder	43
Figura 13:Construção do modelo IFC-Builder planta do rés do chão.....	43
Figura 14:Planta do rés do chão modelo 3D	44
Figura 15:Fachada frontal, Oeste do Edifício.....	44
Figura 16:Fachada lateral Sul do edifício.....	44
Figura 17: Fachada lateral Este do edifício	45
Figura 18:Fachada lateral Norte do edifício.....	45
Figura 19: Variação mensal da temperatura exterior na Ilha do Sal	45
Figura 20:Rosa dos ventos da Ilha do Sal	46
Figura 21:Irradiação global sobre o plano horizontal	46
Figura 22: Caracterização dos recintos do edifício	47
Figura 23:Muro exterior de 24cm	48
Figura 24:Parede interno de 15cm	48
Figura 25:Betão de concreto entre pisos	48
Figura 26:Betão externa superior e telhado.....	49
Figura 27:Sistema de ar-condicionado.....	49
Figura 28:Necessidade mensais de energia do edifício.....	53
Figura 29: Classificação energética do edifício	54
Figura 30:Eletricidade consumida X produção fotovoltaica	56

Índice de Tabelas

Tabela 1:Classificação energética e índices para edifícios de uso residencial privado..	23
Tabela 2: Características das lâmpadas do edifício	38
Tabela 3:Características dos equipamentos elétricos do edificio	39
Tabela 4: Energia produzida pelo sistema solar térmico.....	50
Tabela 5:Resultados do consumo energético por serviço técnico do edifício.....	50
Tabela 6:Consumo de energia Final de edifício	51
Tabela 7: Demanda energética de aquecimento e refrigeração das zonas habitadas.....	51
Tabela 8: Condições da envolvente térmica	52

1 Capítulo 1: Introdução

A eficiência energética de edifícios, é um dos pilares centrais nas discussões ambientais e económicas. Os preços das fontes convencionais de energia, sujeitos a fatores geopolíticos e económicos complexos, têm experimentado flutuações frequentes. Globalmente caracteriza-se por oscilações preocupantes dos preços dos combustíveis, e crescentes emissões de CO₂, trazendo a necessidade de desenvolver e implementar edifícios energeticamente mais eficiente. O acelerado crescimento populacional, acompanhado do aumento da necessidade por habitação e infraestrutura, resultou num consumo de energia sem precedentes.

Neste prisma, a eficiência energética de edifícios assume um papel de extrema importância. Contudo, tão importante quanto diversificar as fontes de energia é otimizar a forma como a consumimos.

Têm sido desenvolvidos, normas e regulamentos internacionais de certificação energética de edifícios e implementados em diversas regiões do mundo. Estes padrões têm como objetivo garantir que novas edificações, ou os existentes, atendam a critérios rigorosos de consumo e eficiência energética.

Cabo Verde, um arquipélago localizado no Oceano Atlântico, é conhecido por sua beleza natural e crescente indústria do turismo. A indústria hoteleira desempenha um papel significativo na economia do país, visto que o turismo é uma das principais fontes de receita. No entanto, a expansão da indústria hoteleira muitas vezes está associada a um aumento no consumo de energia, que é frequentemente atendido por fontes de energia não renovável. A dependência de combustíveis fósseis importados torna o fornecimento de energia vulnerável a flutuações nos preços internacionais e à escassez. Além disso, o aumento do consumo de energia, impulsionado pelo turismo e desenvolvimento económico, levanta preocupações sobre a sustentabilidade energética e as emissões de gases de efeito estufa. A certificação energética é uma abordagem crucial para enfrentar os desafios energéticos do setor hoteleiro. Pois permite avaliar a eficiência energética de edifícios, identificar áreas de melhoria e implementar medidas que reduzam o consumo de energia. No caso do Hotel da Luz, a obtenção de uma certificação energética eficiente é crucial não apenas para economizar custos operacionais, mas também para demonstrar um compromisso com a sustentabilidade e atrair turistas preocupados com a sustentabilidade.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é simular o processo de certificação energética do Hotel da Luz, da Ilha do Sal, em Cabo Verde. É um edifício de 3 pisos e 56 quartos. Esta certificação será apoiada pelo programa CYPETHERM HE Plus (CTM HE Plus). Depois de obtido o diagnóstico energético, propõe-se traçar estratégias de racionalização, com soluções eficientes e sustentáveis.

Os objetivos específicos podem ser enumerados:

- Analisar o código técnico de certificação energética a nível mundial, enfatizando o código da Espanha que será usada no programa (CTM HE Plus), e comparando com o código técnico de Cabo Verde;
- Realizar o modelo Bin em 3D do edifício segundo protocolo IFC, com o programa IFC Builder;
- Realizar Certificação Energética no programa (CTM HE Plus);
 - Atribuir zona climática de acordo com a localização geográfica de Cabo Verde;
 - Caracterizar os recintos (conforme o seu uso);
 - Criar os elementos construtivos de acordo com as características arquitetónicas do projeto;
 - Criar as zonas térmicas conforme as informações do hotel;
 - Criar equipamentos de AQS, refrigeração e ar condicionado conforme as informações do hotel;
 - Calcular e gerar certificado do hotel;

1.2 Enquadramento

Eficiência energética refere-se ao processo de obtenção do máximo serviço ou saída útil a partir da menor quantidade de energia de entrada. Não se trata de economizar energia, mas sim de conseguir mais com menos. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE): "Eficiência energética é a relação entre a saída de desempenho, serviços, bens ou energia e a entrada de energia. Em termos simples, refere-se a usar menos energia para fornecer o mesmo serviço, ou usar a mesma para mais serviços.

O mundo está no meio da sua primeira crise energética global depois da Covid-19 ter causado estragos à escala global, e é uma crise de amplo alcance e impacto. Os preços de compra do gás natural atingiram níveis elevados, muitas vezes ultrapassando os 250 dólares por barril de petróleo. Os preços do carvão também atingiram máximos históricos, enquanto os preços do petróleo subiram acima dos 100 dólares por barril em meados de 2022. Os elevados preços do gás natural e do carvão são responsáveis por 90% da pressão ascendente sobre os custos da eletricidade a nível mundial. Os aumentos do preço da energia também exacerbaram a insegurança energética em muitas economias em desenvolvimento (WORLD ENERGY OUTLOOK, 2022). Isso foi o caso de Cabo Verde, que embora tenha aproximadamente 18% de energias renováveis na matriz elétrica, os preços de eletricidade, por alta dependência externa de combustíveis fósseis, teve aumento de mais de 37% (ARME, 2023).

O arquipélago de Cabo Verde, é um país onde o turismo representa cerca de 25% do Produto Interno Bruto. Em 2022 recebeu um recorde de 836 mil turistas, recuperando do total encerramento do setor após o início da pandemia de Covid-19 em março de 2020. O país tem experimentado, no primeiro trimestre de 2023 um crescimento de 53% de turistas relativamente ao período homólogo (INE, 2023).

Atraídos pelas suas paisagens idílicas e rica cultura, turistas de todo o mundo têm feito de Cabo Verde um destino de eleição. No entanto, com o crescimento do turismo, surge a necessidade de infraestruturas hoteleiras mais robustas e sustentáveis. Neste cenário, o Hotel da Luz na Ilha do Sal emerge como um ponto de referência na indústria hoteleira local. São investidores nacionais a promover a sua certificação energética, sendo de primordial importância, tornando-se exemplo para os demais hotéis. Em Cabo Verde ainda não existe nenhum espaço certificado até o momento.

A certificação energética, neste contexto, não é apenas uma questão de conformidade ou *marketing* verde, mas uma necessidade estratégica. Ao otimizar o consumo de energia, hotéis como o Hotel da Luz podem não só reduzir os seus custos operacionais, mas também oferecer uma experiência mais sustentável e responsáveis para os seus hóspedes. Além disso, num país onde o turismo desempenha um papel crucial na economia, práticas sustentáveis podem reforçar a imagem de Cabo Verde como um destino turístico de primeira linha.

Em suma, a certificação energética do Hotel da Luz em Cabo Verde é uma iniciativa que se situa na interseção de vários fatores críticos: a crescente procura turística, os elevados custos de eletricidade, e a necessidade imperativa de práticas sustentáveis no setor hoteleiro. Ao abordar estas questões, não só o Hotel da Luz, mas também Cabo Verde como um todo, podem traçar um caminho mais sustentável e promissor para o futuro.

1.3 Estrutura do Documento

O presente trabalho conta com cinco capítulos:

- Capítulo 1- Retrata a introdução do tema a ser desenvolvido trazendo uma contextualização geral do assunto incluindo os objetivos, a problemática, e a metodologias empregada.
- Capítulo 2- Esse capítulo traz de modo sistemático definições de conceitos chaves relacionados ao tema e uma revisão da literatura bem atualizada a nível mundial com as principais tecnologias existentes. O capítulo faz também comparações com outros trabalhos desenvolvidos na mesma área em estudo, formulando hipóteses e suposições. Por fim apresenta uma discussão teórica mais aprofundada sobre tendências identificadas na revisão da literatura.
- Capítulo 3- Detalha os materiais, programas, técnicas e procedimentos utilizados no caso em estudo, tendo em conta as condições climáticas e construtivas local.
- Capítulo 4- Apresenta e interpreta os resultados da análise, com provas e justificativas concretas.
- Capítulo 5- Mostra as principais conclusões e reflexões sobre a pesquisa e análise realizada trazendo uma recapitulação dos objetivos, discussão dos resultados, implicações práticas e teóricas, limitações do trabalho, contribuições para área de estudo, desafios e aprendizados adquiridos durante o processo.

2 Capítulo 2: Fundamentos Teóricos e Estado da Arte

2.1 Certificação Energética de Edifícios a Nível Mundial

A Certificação Energética de Edifícios (CEE) é uma ferramenta que avalia e classifica a eficiência energética de edifícios, para identificar e implementar medidas que permitam reduzir o consumo energético e as emissões de gases de efeito estufa. As normas e regulamentações técnicas relacionadas à CEE variam em todo o mundo. Algumas das principais normas de código técnico e entidades classificadoras em diferentes países são as seguintes:

- Estados Unidos da América: Os Estados Unidos possuem um programa de CEE chamado *ENERGY STAR*, que é gerido pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA). O programa *ENERGY STAR* utiliza uma escala de classificação de eficiência energética que varia de 1 a 100 pontos, o edifício que atingem uma pontuação de 75 ou mais recebem a certificação *ENERGY STAR*. Além disso, existem outras entidades classificadoras que oferecem serviços de certificação de CEE nos EUA, incluindo a *US Green Building Council (USGBC)* e a *Building Performance Institute (BPI)*;
- Reino Unido: No Reino Unido, a CEE é regulamentada pelo Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios (EPBR), que exige que todos os edifícios novos e existentes tenham um certificado de CEE válido. Os certificados de CEE são emitidos por avaliadores de energia qualificados, que são credenciados por várias entidades classificadoras, incluindo o *Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)* e o *National Energy Services (NES)*;
- União Europeia: Na União Europeia, a CEE é regulamentada pela Diretiva 2010/31/EU do Desempenho Energético de Edifícios (EPBD) - *Energy Performance of Buildings Directive*), que exige que todos os edifícios novos e existentes tenham um certificado de CEE válido. Os certificados de CEE são emitidos por avaliadores de energia qualificados, que são credenciados por várias entidades classificadoras, incluindo o *European Energy Centre (EEC)* e o *Energy Institute (EI)*;
- Austrália: Na Austrália, a CEE é regulamentada pelo Regulamento Nacional de Construção (NCC), que exige que todos os edifícios novos e

existentes tenham um certificado de CEE válido. Os certificados de CEE são emitidos por avaliadores de energia qualificados, que são credenciados por várias entidades classificadoras, incluindo o *Australian Building Codes Board (ABCB)* e o *Building Designers Association of Australia (BDAA)*;

- China: Na China, a CEE é regulamentada pelo Regulamento de Construção de Economia de Energia (EECB), que exige que todos os edifícios novos e existentes tenham um certificado de CEE válido. Os certificados de CEE são emitidos por avaliadores de energia qualificados, que são credenciados por várias entidades classificadoras, incluindo o *China National Institute of Standardization (CNIS)* e o *China Association of Building Energy Efficiency (CABEE)*.

Em termos comparativos, pode-se observar que o programa *ENERGY STAR* dos EUA é um dos mais conhecidos e bem-sucedidos em todo o mundo, tendo certificado mais de 41.000 edifícios diversos desde 1999, desde o *Empire State Building* até uma escola primária nas montanhas do Alasca. Juntos, esses edifícios economizaram quase US\$ 5,4 mil milhões em contas de energia e evitaram a emissão de mais de 22 milhões de toneladas métricas de gases de efeito estufa – o equivalente às emissões anuais de quase 2,8 milhões de residências (*Energy Star, 2023*).

O programa *ENERGY STAR* é baseado em uma pontuação que leva em consideração fatores como o uso de energia, a qualidade do ar interior e o conforto dos ocupantes. O programa também oferece incentivos financeiros para edifícios que atingem um alto nível de eficiência energética.

Outra comparação relevante pode ser feita com a União Europeia, que é uma das regiões mais avançadas em termos de regulamentação de CEE. A UE estabeleceu metas ambiciosas de redução de emissões de carbono até 2030 e 2050, e a eficiência energética dos edifícios é uma peça-chave dessa estratégia. O sistema de classificação de eficiência energética da UE utiliza uma escala que varia de A+++ (mais eficiente) a G (menos eficiente) e é obrigatório para todos os edifícios novos e existentes.

É importante notar que, embora os sistemas de classificação de eficiência energética possam variar em todo o mundo, o objetivo final é o mesmo: promover a eficiência energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos edifícios. As

normas e regulamentações técnicas são projetadas para ajudar os proprietários de edifícios a melhorar a eficiência energética de seus edifícios. Isso permite que eles façam escolhas mais informadas e implementem medidas de eficiência energética para reduzir o consumo de energia e os custos operacionais.

2.2 Código Técnico de Edificação (CTE) da Espanha

Espanha é um dos países que a implementação de certificação energética tenha sido mais tardia. Até o surgimento da Diretiva 2002/91/EC, a legislação nesse sentido era quase nula, sendo a NBE-CT-794 o único que articulou sobre esse aspecto. Com a publicação desta diretiva, em seguida foram atualizadas as normativas, resultando no surgimento do Real Decreto 314/2006 de 17 de março, que desencadeou o aparecimento do Código Técnico de Construção. Isso inclui um Documento Básico da Eficiência Energética (DB-HE), que aborda alguns requisitos estabelecidos pela Diretiva Europeia.

Do mesmo modo, e para estabelecer os requisitos que as instalações térmicas devem cumprir dos edifícios, foi implementado o Regulamento de Instalações Térmicas em Edifícios com implementação do Real Decreto 1027/2007, de 20 de julho.

Antes deste último regulamento, promulgou-se um procedimento básico para certificação energética de novos edifícios, pendente de regulamentação, através de outra disposição complementar à certificação energética dos edifícios existentes. A promulgação deste Real Decreto procurou dar cumprimento à legislação europeia. Começou-se a regulamentar e a promover a eficiência energética nos novos edifícios, conforme indicado pela Diretiva 2002/91/CE.

Após o aparecimento da Diretiva 2010/31/EU, tornou-se necessário transpor para o sistema legislativo espanhol as modificações que nele se embutem. Ao invés de proceder à extensão do Real Decreto 47/2007 de 19 de janeiro, a administração decidiu revogá-lo e proceder à promulgação de um novo que contemplasse todas essas alterações, que concluiu com a publicação de Real Decreto 235/2013 de 5 de abril. Um dos aspetos contemplados neste novo regulamento é a extensão do âmbito de aplicação a todos os edifícios, incluindo os existentes.

2.2.1 Exigências normativas

Na Espanha as exigências de certificação energética são definidas no Documento Básico de Eficiências Energética (DB-HE) com objetivo de estabelecer normas e procedimentos que permitam o cumprimento do requisito básico de economia de energia. O DBHE traz exigências de HE 0 a HE 6 onde cada uma delas refere a especificações a seguir descritas:

- Exigência básico HE 0: Limitação do consumo de energia. O consumo de energia dos edifícios será limitado em função da zona climática da sua localização, da utilização do edifício e, no caso de edifícios existentes, ou no âmbito da intervenção. O consumo de energia será suprido, em grande medida, através da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.
- Requisito básico HE 1: Condições para o controle da necessidade de energia. Os edifícios terão uma envolvente térmica com características que limitem as necessidades de energia primária para alcançar o conforto térmico dependendo da zona climática de sua localização, o regime de verão e inverno, a utilização do edifício, no caso de edifícios existentes, no âmbito da intervenção. As características dos elementos do envelope térmico, dependendo de sua zona climática, serão tais que evitam desequilíbrios na qualidade térmica dos diferentes espaços habitacionais. Além disso, as características das divisórias interiores limitarão a transferência de calor entre as unidades de utilização, e entre as unidades de uso e as áreas comuns do edifício. Os riscos devidos a processos que produzem uma redução significativa nos benefícios serão limitados, bem como as condensações.
- Requisito básico HE 2: Condições das instalações térmicas. As instalações térmicas que os edifícios possuem serão adequadas para alcançar o bem-estar do ambiente de seus ocupantes. Este requisito está atualmente desenvolvido no atual Regulamento de Instalações Térmicas em Edifícios (RITE), sendo a sua aplicação definida no projeto do edifício.

- Requisito básico HE 3: Condições das instalações de iluminação. Os edifícios terão instalações de iluminação adaptadas às necessidades dos seus utilizadores e simultaneamente energeticamente eficientes, possuindo um sistema de controlo que permite ajustar o seu funcionamento à ocupação real da área, bem como um sistema de regulação que otimiza a uso de luz natural em áreas que atendem a certas condições.
- Requisito básico HE 4: Contribuição mínima de energia renovável para cobrir a necessidade de Água Quente Sanitária (AQS). Os edifícios irão satisfazer as suas necessidades de AQS e de aquecimento de piscinas interiores, utilizando energia de fontes renováveis ou processos de cogeração renováveis gerado no próprio edifício ou através da ligação a um sistema de aquecimento urbano.
- Requisito básico HE 5: Geração mínima de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Os edifícios terão sistemas de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis para uso próprio ou fornecimento à rede.
- Requisito básico HE 6: Disposições mínimas para infraestrutura de recarga de veículos elétricos. Os edifícios terão uma infraestrutura mínima que possibilite a recarga de veículos elétricos.

2.2.2 Certificação de eficiência energética

O objetivo da certificação energética é fornecer aos proprietários e ocupante informações claras e objetivas sobre o desempenho energético de um edifício. O processo de certificação envolve a avaliação de vários parâmetros relacionados ao consumo de energia e à emissão de gases de efeito estufa. Os principais aspetos considerados incluem isolamento térmico, ventilação, eficiência dos sistemas de aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitários, uso de energias renováveis e consumo de energia em geral.

Para obter a certificação energética, o proprietário do edifício deve contratar um técnico competente, que pode ser um arquiteto, engenheiro ou outro profissional habilitado. Esse técnico realizará uma inspeção detalhada do edifício, coletando dados sobre sua envolvente térmica, sistemas de

climatização, iluminação e outros elementos relevantes. Com base nos dados coletados, o técnico utilizará um software aprovado pelo governo para calcular a eficiência energética do edifício. Como resultado, obtém o consumo de energia necessário para satisfazer as necessidades energéticas do edifício e classificando-os edifícios com base num indicador global que vai da letra A a G.

2.2.3 Obrigatoriedade

O certificado de eficiência energética é obrigatório no caso de prédios ou casas recém-construídos, aqueles existentes que são vendidos ou arrendados a um novo locatário (se não há um prévio que ainda esteja em vigor) e em edifícios que são utilizados pelo poder público com área útil de mais de 250 m^2 e frequentado pelo público. Do mesmo modo, é obrigatório que a etiqueta energética seja visível em todas as ofertas, promoções e publicidade destinada à venda ou arrendamento de um edifício ou casa. Isso também acontece em edifícios de propriedade privada frequentado pelo público com uma área útil superior a 500 m^2 , e edifícios próprios público com mais de 250 m^2 de superfície útil. O prazo de validade do certificado de eficiência energética é de 10 anos, sendo o titular o responsável pela sua renovação ou atualização.

2.2.4 Técnicos de certificação

Ao contrário do que acontece nos restantes países da União Europeia, não existe a figura específica do certificador ou avaliador acreditado. Para realizar as certificações, é necessário um técnico competente que tenha de estar em posse de qualquer das habilitações académicas e profissionais habilitantes para:

- A elaboração de projetos ou gestão de obras e gestão de execução de obras de construção ou para a realização de projetos de suas instalações termais, como estabelecido na Lei 38/19999.
- Subscrição de certificados de eficiência energética.
- Ter acreditado a qualificação profissional necessária para assinar os certificados de eficiência energética conforme estabelecido pelo despacho previsto no quarto dispositivo adicional do RD 235/2013.

O mais comum é que esses certificados sejam feitos por arquitetos ou arquitetos técnicos, não sendo exclusivas outras qualificações para endereçá-los.

2.2.5 Método de cálculo e ferramentas de classificação

O cálculo da classificação de eficiência energética será realizado considerando algumas solicitações externas e alguns usam perfis que estão estabelecidos no Documento Básico DB-HE de Economia de Energia do Código Técnico Predial (CTE) em função das diferentes utilizações dos edifícios.

- Solicitações exteriores: Os valores disponíveis nos arquivos climáticos publicados em CTE.
- Perfis de uso: aqueles disponíveis no Apêndice C da Seção HE1 do DB-HE (perfis uso padrão de edifícios). No uso terciário, podem ser adotados perfis diferentes dos padronizados, desde que reflitam adequadamente o uso da edificação e estejam devidamente documentados em Anexo ao certificado de eficiência energética.

O método de cálculo a ser utilizado baseia-se no sistema chamado «autorreferencial», através da qual o edifício a certificar é comparado com outro denominado de referência. Para isso, os edifícios têm de atender certas condições normativas onde se analisa e se obtém, a mesma ou maior eficiência energética. Esta determina-se com o cálculo do consumo de energia necessário para atender anualmente a necessidade de energia do edifício em condições normais de operação e ocupação (GUIA IDAI, 2015).

Os índices C_1 e C_2 que permitem obter, para cada indicador, a classificação energética das habitações unifamiliares e das habitações em bloco, são obtidos através das equações 1 e 2:

$$C_1 = \frac{\left(\frac{R \cdot I_o}{I_r}\right)^{-1}}{2(R'-1)} + 0,6 \quad \text{Equação 1}$$

$$C_2 = \frac{\left(\frac{R \cdot I_o}{I_s}\right)^{-1}}{2(R'-1)} + 0,5 \quad \text{Equação 2}$$

I_o : É o valor do indicador analisado (emissões anuais de CO_2 consumo anual de energia primária não renovável, demanda de aquecimento, etc) do edifício objeto.

\bar{I}_r : É o valor médio do indicador do stock de referência dos novos edifícios de habitação própria.

R: É a razão entre o valor de \bar{I}_r e o valor do indicador correspondente ao percentil 10% do parque referência para novos edifícios de uso residencial privado (habitação).

\bar{I}_s : É o valor médio do indicador do stock de referência dos edifícios existentes de habitação própria (lugar de vida).

R': É a razão entre o valor de I_s e o valor do indicador correspondente ao percentil 10% da frota. referência de edifícios existentes para uso residencial privado (habitação).

Os valores de \bar{I}_r , R, \bar{I}_s , R', correspondentes às diferentes zonas climáticas constam no do Anexo III da (GUIA IDAI, 2015). No Anexo IV do mesmo documento contém os valores das escalas de eficiência energética para os diferentes indicadores em uso residencial particular.

Na Espanha dependendo do tipo do edifício a ser certificado, podem ser empregues diferentes ferramentas informáticas para avaliação da eficiência energética. Por exemplo, para edifícios residenciais unifamiliares, blocos de prédios residenciais, habitações individuais pertencentes a blocos de edifícios, e edifícios terciários podem ser empregues CYPETHERM HE Plus, SG SAVE, TeKton3D TK-CEEP. Existe também o CE3X que se aplica a edifícios de novas construções e edifícios pequenos e terciários. Eles são todos de uso abertos e gratuitos, a maioria deles promovidos pelo Ministério da Transição Ecológica e do Desafio Demográfico (MITECO).

2.2.6 Órgãos de controle e fiscalização

As Comunidades Autônomas em Espanha têm competência para regular e fiscalizar a certificação energética no seu território. Cada Comunidade

Autônoma pode ter sua própria agência ou órgão responsável pela certificação energética. Regularmente, o MITECO publica atualizações sobre o dados e entidade para certificação energética de edifícios. Dependendo de cada Comunidade Autónoma, os procedimentos a seguir podem variar de uma para outra.

2.2.7 Etiqueta energética

O certificado de eficiência energética de um edifício deve incluir valores de referência como as normas vigentes e avaliações comparativas, para que os consumidores possam comparar e avaliar a eficiência energética do edifício. O certificado deve ir acompanhado de recomendações para a melhoria da relação custo-eficácia da eficiência energética.

Serão classificados os edifícios de uso residencial privado (habitação), para cada um dos indicadores de eficiência energética, numa escala de sete letras, que vai desde a letra A (prédio mais eficiente) para a letra G (edifício menos eficiente), Tabela 1.

Tabela 1: Classificação energética e índices para edifícios de uso residencial privado

Calificación			Índice		
A			C ₁	<	0, 15
B	0, 15	≤	C ₁	<	0, 50
C	0, 50	≤	C ₁	<	1, 00
D	1, 00	≤	C ₁	<	1, 75
E	1, 75	≤	C ₁		
			C ₂	<	1, 00
F	1, 75	≤	C ₁		
	1, 00	≤	C ₂	<	1, 50
G	1, 75	≤	C ₁		
	1, 50	≤	C ₂		

Fonte 1:(GUIA IDAI, 2015)

A Figura 1 mostra um exemplo de certificação energética de um hotel rural, feito no programa CYPETHERM HE Plus.

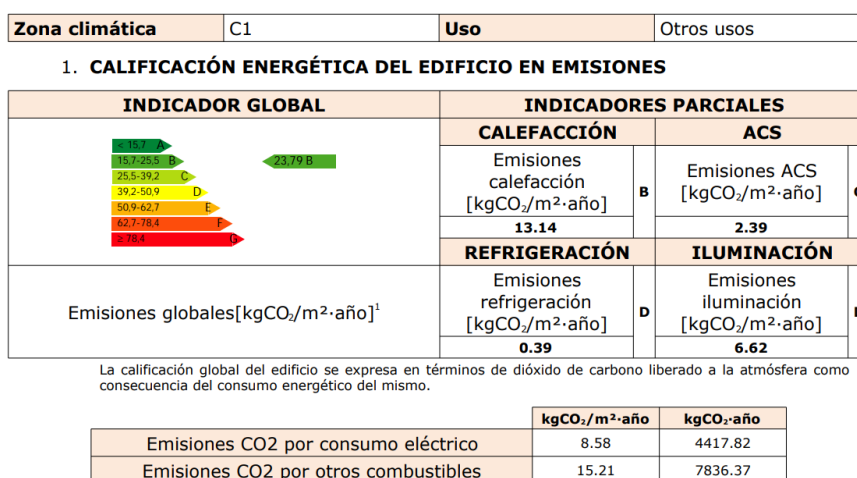


Figura 1: Exemplo de etiqueta energética em Espanha

A etiqueta energética de edifícios na Espanha inclui dados de consumo de energia primária não renovável em kWh/m².ano, emissões de CO₂ expressas em KgCO₂/m². ano. Apresenta também as zonas climáticas, entre outras informações que podem ser gerados no programa de forma completa. O CYPETHERM HE Plus permite a certificação da eficiência energética e a justificação dos requisitos 3.1, 3.2 e 4.1.6 da seção HE 0, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.2 e 3.3 da seção HE 1, 3.1 da seção HE 4 do Documento Básico HE *Energy Saving*. O CYPETHERM HE Plus permite simular edifícios residenciais particulares e edifícios para outros usos.

2.3 Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE) de Cabo Verde

O Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE) de Cabo Verde foi estabelecido pela publicação da Portaria Conjunta N° 24/2020 de 03 de junho. Este código tem o objetivo de atenuar algumas lacunas do Código Técnico da Edificação (CTE) (Portaria n°4/2011 de 12 de janeiro), através da incorporação de requisitos de eficiência energética na construção de edifícios ambientalmente sustentáveis, possibilitando o cumprimento das suas condições de salubridade. O CEEE foi desenvolvido com base no Código Técnico de Edificação de Cabo Verde, Comité Europeu de Normalização (CEN) EN-15251, *European Committee for Standardisation*, Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar

Condicionado (ASHRAE 90.1 e 62,1) e na estratégia do Design de Edifícios Bioclimático.

O CEEE abrange o projeto bioclimático dos edifícios, as suas fachadas, sistemas de ar condicionado e sistema de iluminação interior. Ele visa assegurar a construção de edifícios energeticamente eficientes, com o compromisso de redução da procura de energia elétrica e garantia das condições de salubridade e do conforto térmico (CEEE, 2020).

O objetivo do CEEE é prover requisitos mínimos para a projeção e construção de edifícios energeticamente eficientes do ponto de vista energético. O Código também fornece um conjunto extra de requisitos para edifícios, para obtenção de níveis de eficiência energética. A consciencialização e os apoios generalizados são fundamentais para sua efetiva implementação e concretização.

2.3.1 Exigências normativas

As recomendações e exigência do CEEE 2020 de Cabo Verde, são as seguintes:

- Os edifícios devem seguir os *standards* e especificações para a qualidade do ar fresco e do ar interior de acordo com a norma ASHRAE 62.1. As taxas mínimas de ventilação e as taxas de exaustão devem estar conforme a Tabela 6.1 e a Tabela 6.4 no *standard ASHRAE 62.1*;
- As fachadas mais longas dos edifícios em Cabo-Verde devem ser orientadas a Norte-Sul, conjugando com elementos de sombreamento na fachada Sul para menor ganho de radiação solar durante a estação húmida;
- O edifício deve ter aproveitamento da iluminação natural em pelo menos 70%, com níveis de iluminância em diferentes áreas de ocupação, de acordo com a Tabelas 3 e 4 do CEEE 2020;
- O CEEE 2020 recomenda-se um Rácio Janela-Parede (WWR) entre 30% a 40% para edifícios com ocupação diurna e noturna;
- O coeficiente de transmitância térmica ótimo da parede de um edifício com ocupação diurna e noturna deve ser $3,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

- O coeficiente de transmitância térmica de calor ideal do vidro para edifícios com ocupação diurna deve ser $7,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- O Coeficiente de transferência de calor ótimo do telhado de um edifício com ocupação diurna e noturna é de $1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- Recomenda-se o uso de sistema de ar condicionado centralizado, que permite uma redução de mais de 40% no Índice de Desempenho Energético (EPI);
- Os requisitos dos sistemas de ar condicionado unitários são classificados de acordo com o seu nível de eficiência de arrefecimento, caracterizado pelo “Rácio de Eficiência Energética Sazonal” (SEER) conforme a Tabela 24 do CEEE 2020. A classe de eficiência energética mínima para cumprir a conformidade do código é “A”;
- A Densidade de Potência de Iluminação (LPD) não deve exceder os valores da Tabela 28 do CEEE 2020. Recomenda-se uso de luminárias LED. Porém qualquer lâmpada escolhida, deverá ter uma eficiência energética mínima de classe “B”, de acordo com o Índice de Eficiência Energética (IEE), especificada na Tabela 29 do CEEE 2020.

2.3.2 Certificação de eficiência energética

A certificação de eficiência do edifício em Cabo Verde se resume em analisar os requisitos mínimos exigidos no CEEE 2020, e emitir um relatório de conformidade. Até então, não existe nenhum edifício com a etiqueta energética de edifício publicado. O CEEE que entrou em vigor em 2020, ainda se encontra na fase de implementação e adaptação. Por isso só aborda requisitos mínimos tendo em conta a realidade climática de Cabo Verde.

2.3.3 Obrigatoriedade

O CEEE é aplicável a todos os edifícios novos e edifícios existentes que sofram grandes obras de reabilitação. Estão abrangidos pelo código os seguintes edifícios:

- Edificações nos quais sejam providos serviços de hospedagem mediante pagamentos, exceto edifício relativo a cuidados de saúde, nomeadamente: hotéis, resort, residenciais, pensões e outros similares;
- Edifícios, ou parte dos mesmos, que sejam usados para atividades profissionais de negócios (administrativos, jurídico, etc.) e prestação de serviços;
- Edifícios utilizados como escolas, colégios, universidades e outras instituições de figura educativa como centros de formações profissionais, jardins infantis e outros similares.
- Edifícios, ou parte dos mesmos, que sejam utilizados para a prestação de cuidados de saúde, tais como: hospitais, clínicas, centros de saúde, ambulatórios e outros similares;
- Edificações, ou parte dos mesmos, utilizados para o desenvolvimento de atividades comerciais, tais como: *shoppings*, retalhistas autónomos, galerias abertas, minimercados, supermercados ou hipermercados, lojas, mercados para exposições e venda de mercadorias, a grosso ou retalho e outros similares;
- Edifícios multiusos, ou parte deles, onde se reúnem um grande número de pessoas para atividades de diversão, recreativas, sociais, religiosas, patrióticas, civis, de viagem e similares, tais como: teatros, salas de cinema, salas de reunião, aeroportos, portos, estações de rodoviárias e similares;

Qualquer edifício que não se enquadre em nenhuma das categorias anteriormente descritas deve ser classificado na categoria acima que melhor descreva a sua função. O CEEE não é aplicável, nesta 1ª fase, a edifícios residenciais e edifícios de pequeno porte.

2.3.4 Técnicos de certificação

Para a certificação energética dos edifícios em conformidade com o CEEE 2020, o Ministério de Indústria Comercio e Energia de Cabo Verde criou uma figura independente, os chamados “Peritos Energéticos de Edifícios” no qual os primeiros formandos tiveram a capacitação e avaliação em abril de 2020. Ainda não existe o

quadro legal que irá estabelecer e regular a atividade desta entidade, por isso, os formandos ainda não começaram e exercer essa atividade.

2.3.5 Método de cálculo e ferramentas de classificação

O CEEE de Cabo Verde não apresenta um método de cálculo concreto. Ele resume-se na verificação dos requisitos mínimos exigidos ao edifício. Essa análise baseia-se no método comparativo, isto é, verificar no edifício em estudo se a sua orientação, percentagem de iluminação natural, condições de sombreamento, Rácio Janela-Parede (WWR) e ventilação natural estão conforme exigidos no CEEE de Cabo Verde.

Pode haver necessidade de realizar alguns cálculos da base da engenharia. Como por exemplo calcular coeficientes de transmitância térmica, calcular o rácio da eficiência energética sazonal no sistema de climatização, e índice de eficiência energética no sistema de iluminação, caso não estiverem presentes nos dois últimos equipamentos mencionados.

Existe também um aplicativo designado pelo “Gerador de Etiquetas” disponibilizado gratuitamente pelo Ministério de Indústria Comercio e Energia de Cabo Verde, que visa facilitar a obtenção das etiquetas energética de equipamentos que devem ser colocadas nos equipamentos abrangidos pelos Sistema Nacional de Etiquetagem e Requisitos dos Equipamentos Elétricos (SNEREE) conforme a Figura 7.



Figura 2: Gerador de Etiqueta de Eficiência Energética
Fonte 2: Eficiência Energética.CV, 2023

Com este aplicativo, é possível gerar etiquetas energética individualizada para cada modelo de equipamento, em formato pdf de alta resolução. O selo de garantia pode ser colocado, como adesivo ou etiqueta.

2.3.6 Órgãos de controle e fiscalização

Agência de Regulação Econômica (ARE) em Cabo Verde é responsável pelo controle e fiscalização da Eficiência Energética em edifícios. A ARE é uma entidade governamental que detém, como incumbência regular, supervisionar e promover a eficiência dos setores de energia e água em Cabo Verde. Através da sua Direção Nacional de Energia (DNE), a ARE realiza medidas para promover a eficiência energética em edifícios e institui regulamentos e padrões para garantir que os novos projetos de edificação cumpram requisitos de eficiência energética.

2.3.7 Etiqueta energética

O CEEE de Cabo Verde não apresenta um modelo de etiqueta energética para edifícios.

2.4 Estudos Recentes sobre Certificação Energética de Edifícios

Existem muitos estudos sobre a certificação energética de edifício. Todos eles com objetivo de mostrar a diversidade e a profundidade das pesquisas em certificação energética em edifícios nos últimos anos, abordando aspetos económicos, de saúde, políticos e metodológicos. Seguem a seguir cinco publicações recentes e relevantes relativamente ao assunto:

- **Impacto da Certificação no Mercado Imobiliário:** Este trabalho examina como a certificação energética e outros atributos sustentáveis afetam o valor dos imóveis. Utilizando uma amostra significativa de propriedades, os autores encontraram uma correlação positiva entre a certificação e o valor. Eles concluem que a certificação energética não só beneficia o ambiente, mas também tem um impacto económico tangível, aumentando a atratividade dos imóveis no mercado (CHEGUT et al., 2014).
- **Certificação Energética e a Saúde dos Ocupantes:** O estudo conduzido por Allen et al. em 2016 é uma investigação profunda sobre a relação entre certificação energética, qualidade do ar interior e saúde dos ocupantes em ambientes de escritório. O foco principal foi na associação entre as

funções cognitivas dos trabalhadores e a exposição a dióxido de carbono, ventilação e compostos orgânicos voláteis. Os autores realizaram experiências controladas em escritórios com diferentes níveis de concentrações desses compostos e avaliaram o desempenho dos trabalhadores através de testes cognitivos. Descobriram que nos escritórios onde as práticas de certificação energética eram aplicadas rigorosamente, os trabalhadores apresentaram melhores resultados nos testes cognitivos. A pesquisa destaca que a qualidade do ar interior é frequentemente negligenciada na certificação energética, embora desempenhe um papel vital na saúde e bem-estar dos ocupantes.

- Metodologia de Avaliação Energética: Este estudo propõe uma metodologia de avaliação que combina análise do ciclo de vida com simulação de energia. Os autores aplicam essa metodologia num edifício residencial italiano, fornecendo percepções sobre o desempenho energético e o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida. A metodologia destina-se a fornecer uma compreensão mais completa dos impactos energéticos e ambientais, permitindo uma tomada de decisão mais informada na construção e operação de edifícios (ARDENTE et al., 2011).
- Inovação em Certificação Energética: Este artigo explora os benefícios das práticas de construção verde, incluindo a certificação energética, na saúde e produtividade dos ocupantes. Os autores analisam vários estudos de caso e pesquisas existentes, concluindo que os edifícios verdes não apenas melhoram a eficiência energética, mas também têm impactos positivos significativos no bem-estar dos ocupantes, com potencial para aumentar a produtividade no local de trabalho (SINGH et al., 2011).
- Política de Eficiência Energética na UE: Este capítulo do *Global Energy Assessment* oferece uma revisão completa das políticas de eficiência energética na União Europeia. Os autores examinam regulamentações, padrões e incentivos, e como eles interagem com as práticas de certificação energética. A análise inclui uma discussão sobre os sucessos e desafios da política atual e oferece recomendações para estratégias futuras, ressaltando a importância da integração de políticas e o alinhamento com os objetivos de sustentabilidade (ÜRGE-VORSATZ, et al., 2012).

Esses autores oferecem uma visão rica e detalhada dos trabalhos recentes e relevantes sobre a certificação energética em edifícios. Eles abordam desde a teoria e metodologia até as implicações práticas e políticas, refletindo uma visão multifacetada da área.

3 Capítulo 3: Materiais e Métodos

3.1 Caso de estudo Hotel da Luz em Cabo Verde

3.1.1 Enquadramento Geográfico de Cabo Verde

Cabo Verde, é um arquipélago composto por dez ilhas, situado na costa africana, ao largo do Senegal Figura 3. Ele se encontra entre o Equador e o Trópico de Câncer, estando limitado pelos paralelos 16° de latitude Norte e 24' de longitude Oeste de Greenwich (World Factbook, 2023).

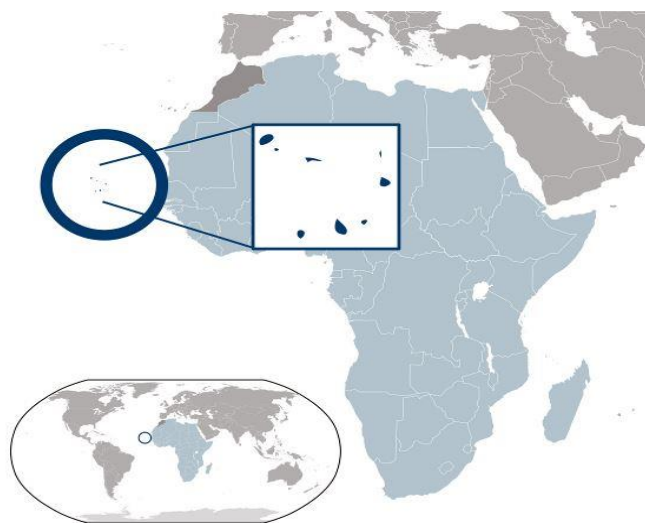


Figura 3: Mapa de localização geográfica de Cabo Verde
Fonte 3: www.mapas-del-mundo.net, 2023

Estas ilhas são categorizadas em dois principais grupos: Barlavento e Sotavento. O primeiro grupo, Barlavento, engloba as ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia (não é habitada), São Nicolau, Sal e Boa Vista. Já o grupo Sotavento inclui Maio, Santiago (onde encontra-se a capital, Praia), Fogo e Brava. Cabo Verde tem uma área total de aproximadamente 4.033 km². Esta área se refere ao conjunto total das 10 ilhas principais e alguns ilhéus menores que compõem o arquipélago. Tem uma zona económica exclusiva de 200 milhas náuticas (World Factbook, 2023).

Quanto à dimensão humana, o país possui uma população de aproximadamente 603.900 habitantes. Embora o português seja a língua oficial, usada em contextos formais como administração e educação, o crioulo cabo-verdiano, com suas variantes, prevalece no cotidiano do povo cabo-verdiano (World Factbook,2023).

A topografia das ilhas de Cabo Verde é variada. Enquanto Santo Antão e Santiago são caracterizadas por terrenos montanhosos, Sal e Boa Vista destacam-se pelos seus territórios predominantemente planos e sedimentares. Esta variação topográfica também reflete na fertilidade dos solos. Em ilhas de relevo mais elevado, os solos tendem a ser de origem vulcânica, o que os torna especialmente propícios para a agricultura. Milho e feijão são duas das principais culturas de subsistência cultivadas nesses solos férteis (FAO, 2023).

Além da agricultura, a economia do país também beneficia dos recursos marinhos. O oceano que circunda Cabo Verde é abundante em vida marinha, e praias exuberantes tornam a pesca e o turismo uma importante atividade econômica local.

3.1.2 Clima de Cabo Verde

A maior parte do arquipélago é classificada como BWh – (deserto quente). O "B" representa climas secos (onde a evaporação excede a precipitação), e o "W" denota um clima desértico, e "h" indica que é um deserto quente.

Neste clima, a precipitação é insuficiente para manter uma vegetação contínua e significativa. A evaporação potencial excede amplamente a precipitação anual. A classificação "h" (quente) indica que as temperaturas são geralmente altas, variando entre 20° a 29° durante todo o ano. A sensação térmica pode ser mais alta devido à humidade.

Cabo Verde tem um clima tropical, particularmente seco, com duas estações distintas, uma estação seca e uma chuvosa/húmida. A estação seca em Cabo Verde cobre um período de nove meses aproximadamente, de novembro a julho, e é assinalada por uma carência quase total de precipitação. Os fortes ventos marítimos acarretam altas taxas de evaporação, agravadas pela alta taxa de incidência solar. A estação húmida corresponde aos meses de julho a outubro e é geralmente marcada por precipitação. A precipitação média anual nas ilhas é de 225 mm, dos quais 20% são perdidos por

escoamento superficial, por não haver capacidade suficiente para capturar e armazenar a água, 13% infiltra-se, recarregando os aquíferos e 67% evapora. Apenas 10% da terra é cultivável devido a pouca e irregular acumulação de precipitação. O solo é áspero devido à alta erosão provocada pelo vento (CEEE, 2020).

O Arquipélago é frequentemente afetado pelo vento Harmattan, um vento quente e seco proveniente do Deserto do Saara. Este vento pode trazer consigo poeira e diminuir a humidade, influenciando as condições climáticas. Além disso, devido à sua localização oceânica, Cabo Verde também é afetado por ventos alísios, que tendem a ser constantes e mais frescos.

3.1.3 Características Construtivas em Cabo Verde

Cabo Verde é um arquipélago de origem vulcânica e devido à sua geografia e recursos naturais limitados, a construção de casas em Cabo Verde utiliza uma variedade de materiais e técnicas. Os principais tipos de paredes utilizados nas construções em Cabo Verde incluem:

- Alvenaria de pedra: As paredes de alvenaria de pedra são tradicionalmente construídas a partir de pedras locais, como o basalto, abundantes em Cabo Verde. Elas são unidas por uma mistura de argamassa feita de cal, areia e água. Essas paredes são resistentes e duráveis, proporcionando isolamento térmico e acústico natural (PEREIRA, 2010).
- Alvenaria de blocos de betão: Este tipo de parede é comum em construções urbanas e modernas em Cabo Verde. Os blocos de betão são feitos a partir de uma mistura de cimento, areia, pedra britada e água. Essas paredes são resistentes, de fácil construção e com bom desempenho térmico (PEREIRA, 2010). A Figura 4 a seguir mostra o bloco de cimento referido.



Figura 4: Parede de bloco de cimento
Fonte 4: Cype ingenieros, S.A, 2023

- Taipa: A taipa é uma técnica de construção tradicional em Cabo Verde, que consiste na utilização de terra húmida, compactada em camadas, para formar paredes sólidas e duráveis. A terra utilizada é geralmente uma mistura de argila, areia e fibras orgânicas, como palha ou esterco. A taipa é uma opção ecológica e econômica, proporcionando bom isolamento térmico e acústico (CORREIA & LOURENÇO, 2015).
- Construção em madeira: Embora a madeira seja um recurso limitado em Cabo Verde, algumas construções tradicionais ainda utilizam paredes de madeira. A madeira é geralmente importada ou obtida a partir de árvores locais, como acácias ou tamariscos. As paredes de madeira proporcionam isolamento térmico e são relativamente rápidas de construir (NUNES & OLIVEIRA, 2016).

É importante ressaltar que a escolha do tipo de parede depende das condições locais, disponibilidade de materiais e requisitos específicos do projeto de construção. É importante considerar os aspetos culturais, geográficos e climáticos pois influenciam as técnicas e materiais utilizados. A arquitetura local reflete uma mistura de influências africanas, portuguesas e outras culturas que passaram pelo arquipélago. O país apresenta uma configuração de técnicas de construção mistas, preservando a arquitetura histórica, mais com visão contemporânea abordando as questões ecológicas e aproveitando de melhor modo as condições climáticas:

- Técnicas mistas e construção híbrida: Em Cabo Verde, é comum encontrar casas construídas com uma combinação de diferentes técnicas e materiais. Por exemplo, uma casa pode ter paredes de alvenaria de pedra no térreo e paredes de madeira no andar superior. Essa abordagem híbrida permite que os construtores tirem proveito das propriedades de diferentes materiais e técnicas para atender às necessidades específicas de cada projeto (DUARTE & LOURENÇO, 2017).
- Reabilitação e restauração de edifícios históricos: Cabo Verde possui um rico patrimônio arquitetónico, com muitos edifícios históricos e culturais que requerem conservação e restauração. A reabilitação de edifícios históricos envolve a utilização de técnicas e materiais tradicionais, bem como a adaptação de métodos modernos de construção para garantir a durabilidade e a sustentabilidade das estruturas (SILVA & LOURENÇO, 2018).

- Construção sustentável e ecológica: A construção sustentável tem ganhado importância em Cabo Verde. Isso envolve o uso de materiais e técnicas de construção de baixo impacto ambiental, como a taipa, bem como a integração de tecnologias sustentáveis, como painéis solares fotovoltaicos e sistemas de captação de água da chuva (VIEIRA & FARIA, 2019).
- Adaptação às condições climáticas e geográficas: A construção de casas em Cabo Verde deve levar em consideração as condições geográficas e climáticas específicas do arquipélago, incluindo ventos fortes, chuvas irregulares e escassez de recursos naturais. Por exemplo, as casas podem ser projetadas com telhados inclinados para evitar a acumulação de água da chuva e com orientação adequada para aproveitar a ventilação natural e a luz solar.

3.1.4 Levantamento de informações do Hotel

O levantamento de informação foi efetuado através de diversas reuniões on-line, onde foram fornecidas todas as informações arquitetônicas do edifício, tais como planta dos pisos em formato AutoCAD, composição das paredes, divisórias, janelas e portas. Foram fornecidas também dados do sistema de ar-condicionado e águas quentes sanitárias, fluxo de ocupação do hotel, tipo de instalações elétricas e de iluminações e histórico do consumo de energia e água. Também houve uma visita técnica ao edifício por parte de um engenheiro, ao edifício possibilitando a confirmação das informações fornecidas e clarificação de algumas dúvidas.

3.1.5 Descrição do Edifício em Estudo

O edifício em análise é Hotel da Luz, localizado na zona de Tanquinho Norte, em Santa Maria na Ilha do Sal em Cabo Verde. As coordenadas geográficas são 16°35'54''N e 22°54'01''W. O hotel está a minutos do centro da cidade Santa Maria e a 400 metros da praia do Leme, muito famosa na Ilha do Sal. O edifício é um hotel com 24 anos de existência e experiência no mercado. Ele sofreu uma reforma em 2017 com alterações a nível construtiva e em termos de sistemas elétricos, climatização e iluminação.

O Hotel da Luz tem 1363.93 m^2 de área total conforme a planta do edifício fornecido, onde podem ser consultadas no Anexo A. O edifício é constituído pela planta rés do chão, pelo piso 1, piso2 e piso3. O hotel tem 56 quartos, incluindo três no formato sala/quarto, quatro apartamentos, cozinha, restaurante, recepção, sala de reuniões, bastidores, escritório, varandas, terraço esplanada, arrumos, lavanderia, área da piscina, balneário, restaurante, bar, loja de venda, garagens, sala de funcionários etc.

Na Figura 5 pode-se observar a vista de cima do Hotel da Luz, retirada do Google Earth.

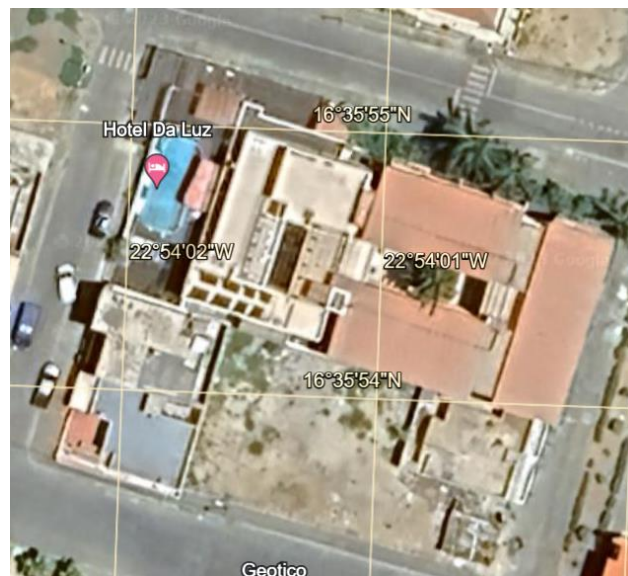


Figura 5: Visão de cima do Hotel da Luz
Fonte 5: Google Earth, 2023

A fachada principal do edifício fica orientada para Oeste sem qualquer tipo de sombreamento direto ou indireto. A fachada lateral Norte consta com algumas palmeiras que fazem sombreamento. A fachada lateral Este está totalmente exposta, sem qualquer tipo de sombras. Já a fachada lateral Sul tem um prédio ao lado que ocupa aproximadamente 27% dessa fachada, fazendo sombra somente nessa parte.

Na Figura 6 são apresentadas algumas imagens internas do edifício em estudo.

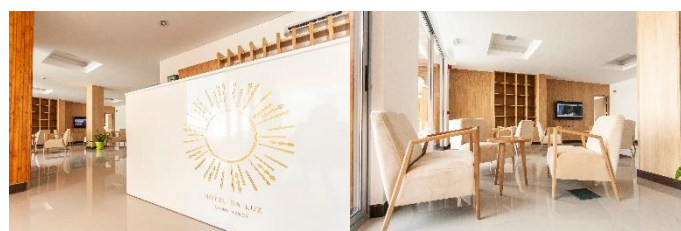




Figura 6: Algumas imagens internas do Hotel da Luz

Fonte 6: Hotel da Luz,2023

Observa-se na Figura 6, que é um hotel que pode proporcionar aos seus hóspedes elevado conforto, com *design* e equipamentos moderno e sofisticados.

3.1.6 Envolvente Térmica Opaca

Fazem parte da envolvente térmica do edifício os seguintes elementos: Paredes exteriores, paredes interiores coberturas, e a fundação que fica em contacto com o solo. Todas as dimensões usadas, e propriedades dos elementos estruturais, foram retiradas da planta do edifício e introduzidas no programa IFC Builder. Os muros do exterior do edifício, tem espessura de 24cm e 25cm, e a parede do exterior do edifício tem uma espessura de 20cm de bloco, com 10mm de reboco para ambos os lados e sem nenhum tipo de isolamento térmico. As paredes das divisórias de interior possuem uma espessura de 10cm e 15cm, em que possuem reboco ambos os lados de 10mm, seguidamente com uma fina camada de gesso, e pintura. Desta forma foi possível obter todos os coeficientes de transmissão térmica no CYPETHERM HE Plus.

A estrutura de suporte é combinada por pilares quadrados e retangulares para facilitar sua integração na disposição interior. A estrutura horizontal e da cobertura foi realizada com vigas planas, para facilitar a sua execução e evitando projeções nas coberturas das casas, e lajes de vigotas unidirecionais abóbadas in situ de betão armado com 30cm de espessura.

A cobertura do edifício tem uma parte plana em betão armado, e outra área com telhas, sendo a primeira parte transitável e outra não. Nessa primeira parte transitável é onde se encontram instalados os oitos coletores solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias. Já as áreas não transitáveis são constituídos por telhas cerâmicas expostas com uma inclinação de aproximadamente de 5°.

3.1.7 Envidraçados

O vão envidraçado do edifício é de vidros duplos, com caixilharia de alumínio, sendo utilizado o ar como gás de barreira térmica entre cada vidro, com um coeficiente de transmitância térmica calculado pelo CYPETHERM HE Plus. É possível ver na Figura 7 que há vários vãos envidraçados no edifício sendo a existência de cortinas somente nos quartos.



Figura 7: Espaços envidraçados
Fonte 7:Hotel da Luz, 2023

3.1.8 Iluminação

A iluminação do edifício é garantida por uma variedade de lâmpadas LEDs, com diferentes potências conforme a Tabela 8.

Tabela 2: Características das lâmpadas do edifício

Tipos de Lâmpadas LED	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)
Loke lector cromo led 3w 3000k (40994)	3,0	120	360
Painel <i>economy</i> redondo branco 6w (4854)	6,0	210	1260
Painel redondo aro branco, branco 3w (6292)	3,0	310	930
Painel <i>economy</i> quadr.brancu quente (4866)	12,0	60	720
painel <i>economy</i> quadr.brancu quente (4866)	6,0	60	360
projector i-series preto branco 50w (5884)	50,0	10	500
Armadura supra ip65 pc 1x18w be	18,0	7	126
Armadura supra ip65 pc 1x36w be	36,0	8	288
Fita led smd3528 120 br quente (2025)	7,20	25	180
Total		810	4724

Fonte 8:Hotel da Luz, 2023

O Hotel da Luz tem no total 810 lâmpadas, incluindo fitas leds e lâmpadas de iluminação externa, somando 4724 W de potência de iluminação instalada, resultando numa densidade energética de aproximadamente $3,5 \text{ W/m}^2$. É relevante referir que as

lâmpadas de iluminação a led são acionadas por sensores de presença e de movimento, tornando assim o processo de iluminação ainda mais eficiente.

3.1.9 Equipamentos elétricos

Apesar das cargas referentes à iluminação terem uma forte influência nos consumos energéticos, estes não constituem a totalidade dos consumos energéticos do edifício. Equipamentos como ar-condicionado, frigoríficos, máquina de lavar louça exigem maiores potências.

Tabela 3:Características dos equipamentos elétricos do edificio

Equipamentos Elétricos	Potência (W)	Quantidade	Potência Total (W)
Exterminador de insetos Fiamma C1 16.3	30	6,0	180
Quadro conv df51-340-3	3000	1,0	3000
Esterilizador de facas aef 15.30	15	1,0	15
Picadora carne fama ts 12	750	1,0	750
Fry top fagor fg7-10 l	8200	1,0	8200
Forno conv primax edg 910 hs	860	1,0	860
Cortadora carne hbs-250	150	1,0	150
Triturador tr 350 bn	350	1,0	350
Batedeira olitrem b10 ct	600	1,0	600
Máquina lavar louca ap1000 easy e	680	1,0	680
Torradeira fiamma tosti s4	180	1,0	180
Máquina de sumos coldream 2m	280	1,0	280
Elevador	6250	1,0	6250
Total		18	21 495

Fonte 9:Hotel da Luz, 2023

O Hotel da Luz consta no total com 18 equipamentos elétricos, incluindo 1 elevador, por fazendo aproximadamente 21,5KW de potência instalada.

3.1.10 Sistema de climatização

A climatização do edifício é feita através de ar-condicionado descentralizados. Estão instalados no total 62 ar-condicionado do modelo *Sysplyt mult*, *Sysplyt Wall* e *Sysplit duct* de potências variadas conforme mostra as Tabelas no Anexo B. No total são cerca de 212,91 kW de potência instalada, em sistemas de climatização do edifício. Isso traduz numa densidade de potência de ar-condicionado de $0,1561 \text{ kW}/\text{m}^2$. A Figura 8 mostra uma imagem de um ar-condicionado instalado no edifício.



Figura 8: Exemplo de ar-condicionado instalado
Fonte 10: Técnico de visita ao hotel

Estão instalados nas partes externas do edifício, expostos a todas as intempéries ambientais, como sol, chuva e vento, sem contar com as poeiras que atravessam as Ilhas de Cabo Verde praticamente o ano inteiro, exigindo desta forma muita manutenção.

3.1.11 Sistema de Água Quente Sanitária

Cabo Verde como referido anteriormente, é um país com temperatura alta, com médias entre 20° a 29°, por isso não existe a necessidade de grande quantidade de água quente sanitária durante todo o ano, uma vez que a temperatura da água da rede já é alta. O sistema de águas quentes sanitárias do hotel é suportado pelo sistema solar térmico que é constituído por oito coletores solares térmicos da Figura 9, da marca Zantia (Z 2.3/71-20) de 20 tubos vácuo, com uma área de exposição solar de 1,87m² perfazendo uma área total do sistema de 14,96m² e tem rendimento ótico de 0,734 acoplado a um termoacumulador elétrico de backup de 150 litros (TA 1000 VS 1PL DN400).



Figura 9: Sistema solar térmico instalado
Fonte 11: Técnico de visita a instalação

O sistema também tem com dois depósitos de 1.000 L, e acessórios como termômetros, purgadores, bomba recirculadora, conjuntos de tubarias, e isolantes térmicos.

3.1.12 Ocupação

A taxa média de ocupação do hotel entre 2022 e 2023, baseado nas reservas até dezembro deste ano, é de 51%. Nesses últimos dois anos hospedou em média 10.311 hóspedes, resultando numa densidade ocupacional de 0,021 pessoas/m².

3.1.13 Consumo de Energia

A energia usada no edifício provém praticamente na sua totalidade da eletricidade da concessionária local. A Figura 10 mostra a variação de energia elétrica consumida nos últimos 3 anos de 2021 a 2023. No ano 2021 apresentada na Figura 10 a linha da cor azul, revela as sequelas da Covid-19. Neste ano o hotel teve pouca ocupação, e conseqüentemente baixo consumo de energia comparado ao ano de 2022 e ao primeiro semestre de 2023. Tomando a média de 2022 como referência mais confiável, que é igual a 12942 kWh, a densidade de energia elétrica é de 9,5 kWh/m².

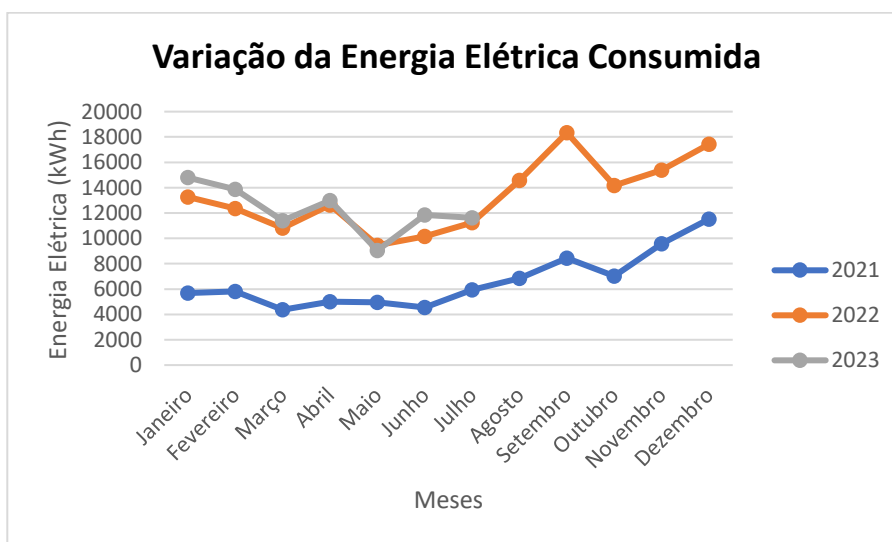


Figura 10: Variação do consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica de 2021 a 2022 aumentou em 50,1%, e para ano de 2023 está perfazendo praticamente o mesmo percurso. As mesmas variações se

traduzem em termos de consumo com energia elétrica, e podem ser observadas no Figura 11.

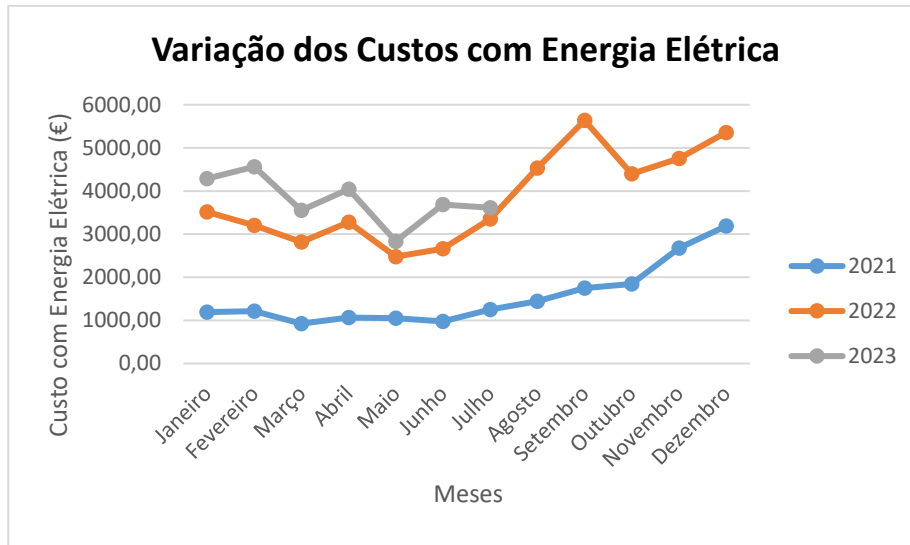


Figura 11:Variação dos custos com energia elétrica

O hotel usa o gás butano para cozimentos de alimentos. Em média são usadas 4 garrafas de 24kg cada por mês, o que totaliza 96kg de gás mensal. Tem um custo de 68,81€ cada, e um total de 275,24 € mensal.

3.2 Método de Avaliação

3.2.1 Construção do modelo em IFC-Builder

As importações dos dados foram feitas através de importação automática do modelo CAD/BIM. A planta baixa em formato de CAD, foi convertido para IFC. Em seguida foi possível definir no programa as alturas de cada piso conforme a Figura 12.

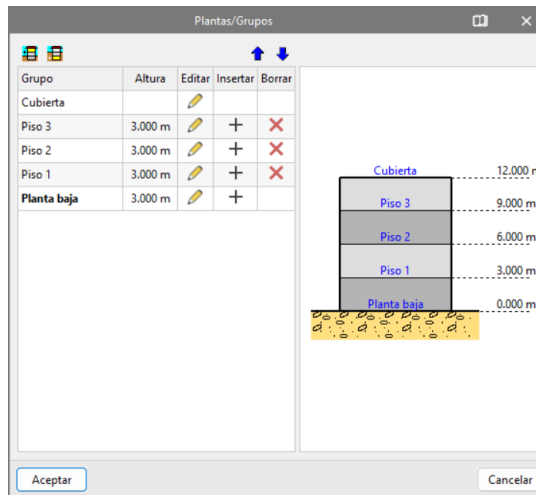


Figura 12: Definição das alturas do piso no programa IFC-Builder

Logo após, foram colocados os muros, os compartimentos internos, as janelas, as portas, o telhado, e nomeadas as zonas conforme a planta do Hotel da Luz. A Figura 13 mostra o projeto da planta do rés do chão com todas as partições e nomes dos compartimentos e a Figura 14 o modelo 3D. Foram feitos o mesmo para o piso 1, piso 2, e piso 3. As fotos desses pisos podem ser encontradas no Anexo C incluindo a cobertura do edifício.

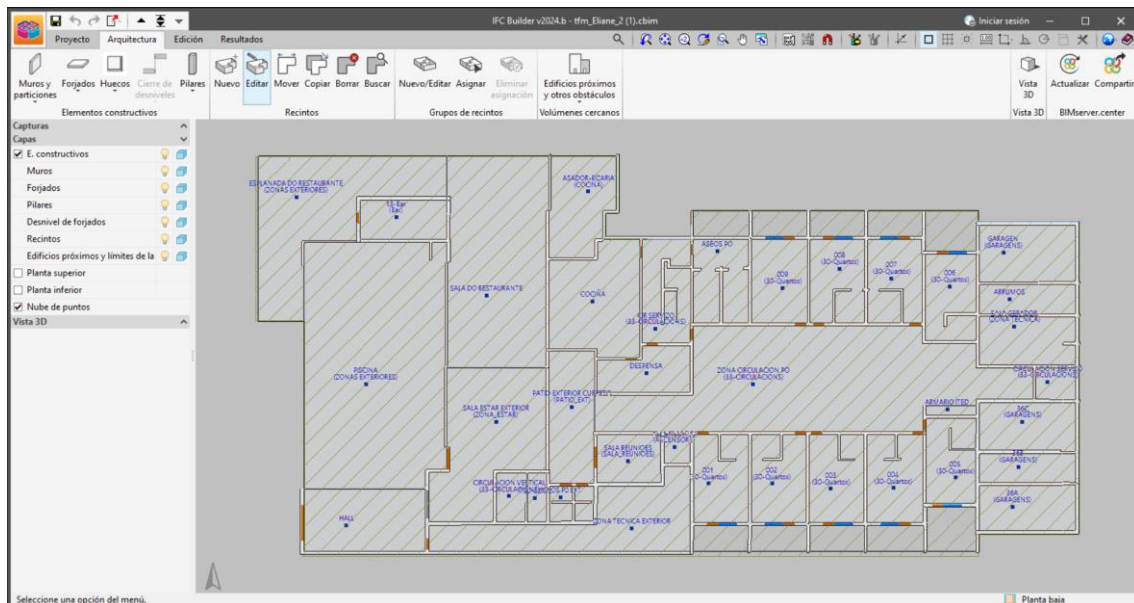


Figura 13: Construção do modelo IFC-Builder planta do rés do chão

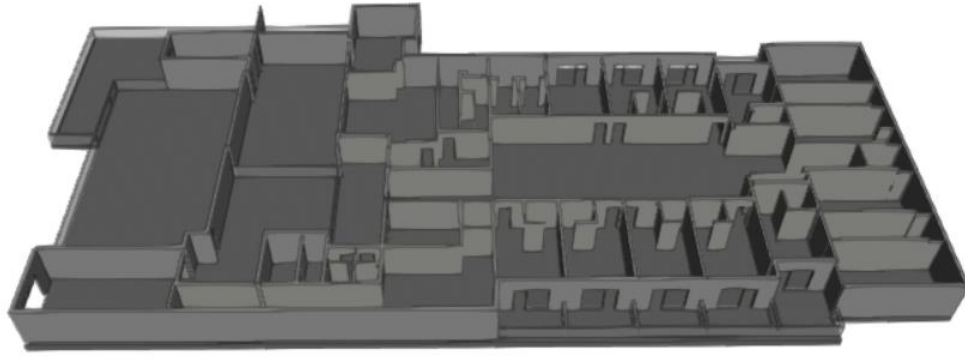


Figura 14:Planta do rés do chão modelo 3D

Concluída a obra, foram feitos os cálculos e tendo em conta que o programa não apresentou erros, apresentou os resultados. As Figuras 15, 16, 17 e 18 apresentam os resultados mostrando as 4 vistas do edifício. Concluída o modelo, foi exportada para *BIM-Server.center* para que possa ser importada no programa CYPETHERM HE Plus.

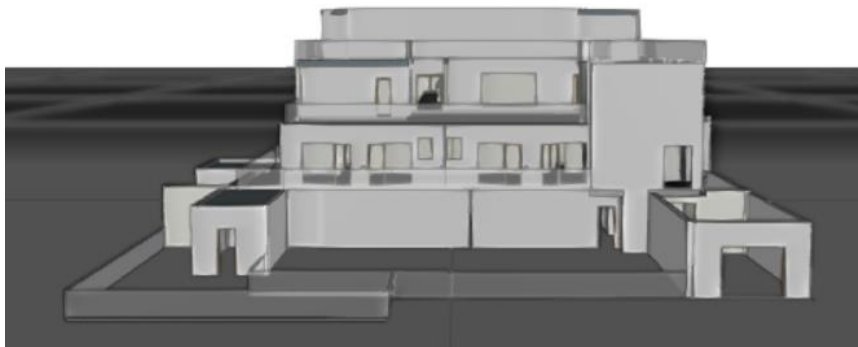


Figura 15:Fachada frontal, Oeste do Edifício



Figura 16:Fachada lateral Sul do edifício



Figura 17: Fachada lateral Este do edifício

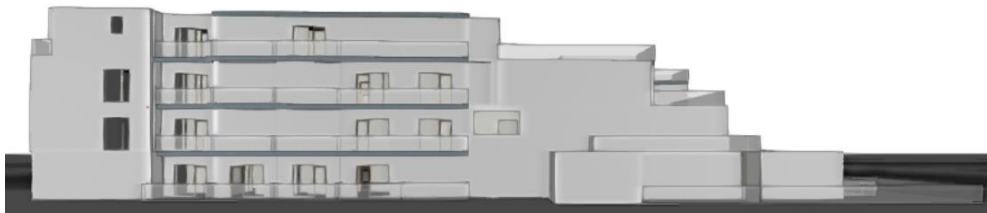


Figura 18: Fachada lateral Norte do edifício

3.2.2 Construção do modelo no *CypeTherm HE plus*

3.2.2.1 Atribuir zona climática de acordo com a localização geográfica de Cabo Verde;

Importando o modelo do *BIM-Server.center* para a programa *CypeTerm HE plus*, como referido anteriormente, foi introduzido dados climáticos da Ilha do Sal através de bancos de dados do *onebuilding.org*. Como resultado obteve-se os gráficos da temperatura, da distribuição dos ventos, e da irradiação solar respetivamente nas Figuras 19, 20 e 21.

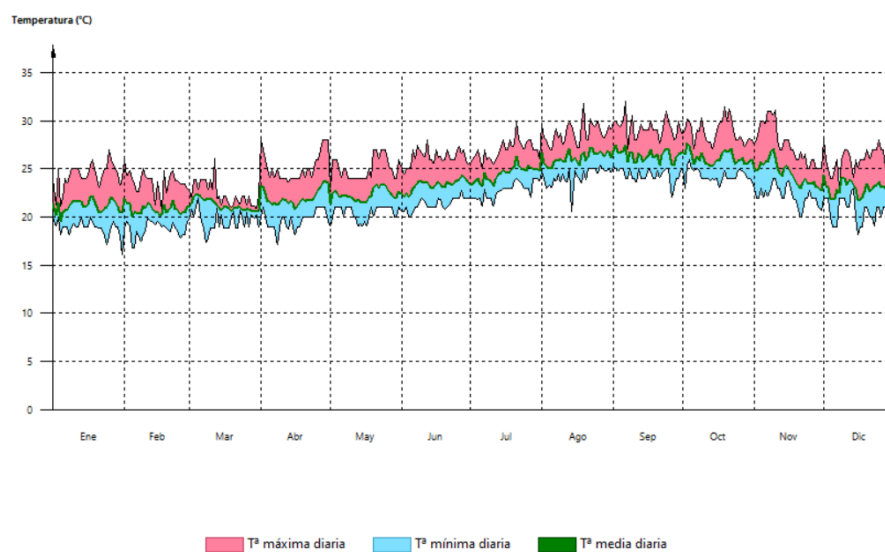


Figura 19: Variação mensal da temperatura exterior na Ilha do Sal

Conforme a Figura 19, observar-se a variação mensal da temperatura, com máxima diária entre 21° a 32° aproximadamente. Os mínimos diários entre 17° a 28° aproximadamente e as médias entre 19° a 29°.

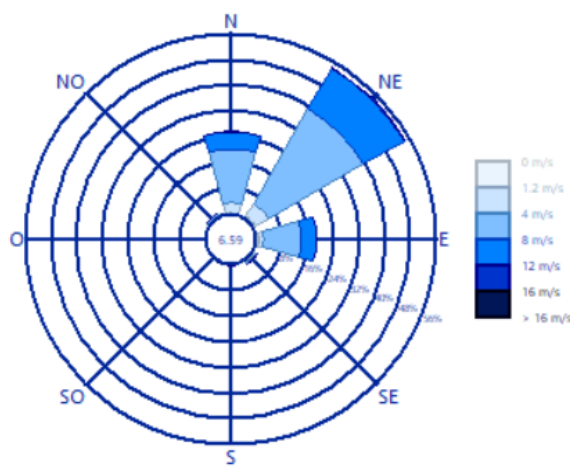


Figura 20: Velocidade e direção do vento na Ilha do Sal

Pela Figura 20 é possível observa-se que a predominância da direção dos ventos vem de nordeste, e com velocidades compreendidas entre 4m/s a 8m/s.

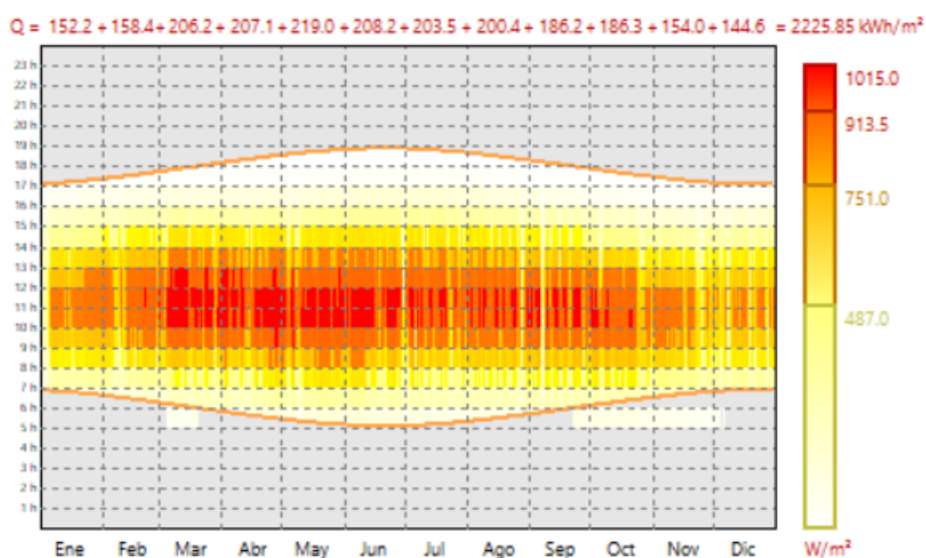


Figura 21: Irradiação global sobre o plano horizontal

A Figura 21 mostra a irradiação solar global mensal, somando tudo se obteve o valor anual de 2225,85 kWh/m².

A temperatura do local, a velocidade e direção dos ventos, e irradiação solar exercem influência significativa sobre a carga térmica de um edifício. A carga térmica refere-se à quantidade de calor que precisa ser adicionada ou removida de um edifício para manter o ambiente interno em uma temperatura desejada. Por isso é de extrema importância para o programa os dados climáticos.

3.2.2.2 Caracterizar os recintos conforme o seu uso

Nesta fase, caracterizou-se os espaços do edifício em habitáveis e não habitáveis. Os habitáveis são quartos, circulares (corredores), ascensor (elevador), aseos (casa de banho), cozinha, bar e sala de reunião. Já os não habitáveis são garagem, zona técnica, ited, arrumos, armário e despensa como pode ser observado na Figura 22.

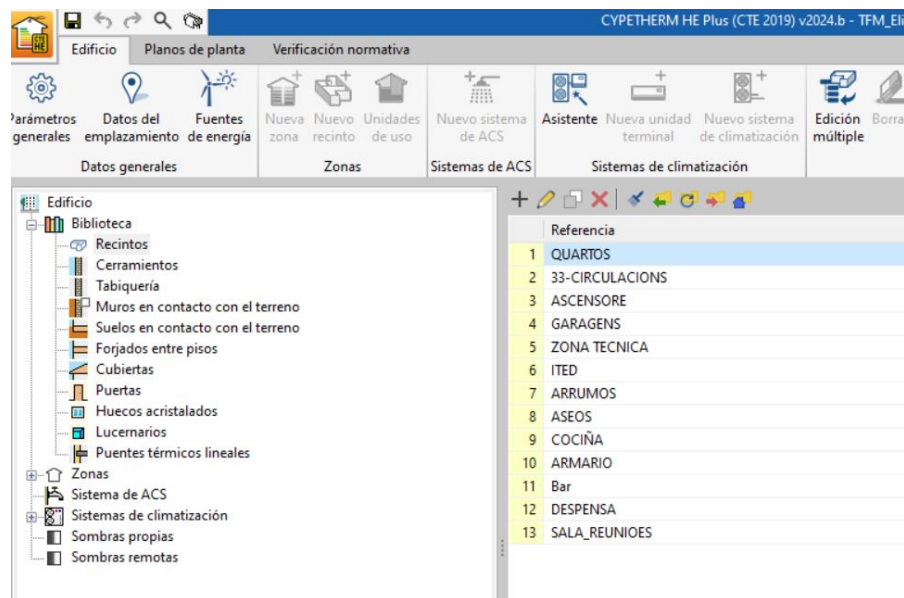


Figura 22: Caracterização dos recintos do edifício

3.2.2.3 Criar os elementos construtivos de acordo com as características arquitetónicas do projeto;

Inseriu-se no programa todas as características das envolventes térmicas opacas e dos envidraçados, assim o programa calculou a condutividade térmica de cada um conforme mostra as Figuras 23 a 26 sequencialmente.

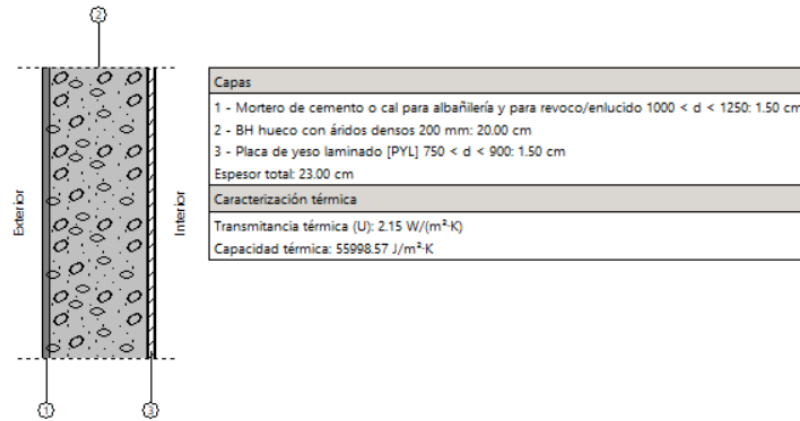


Figura 23: Muro exterior de 24cm

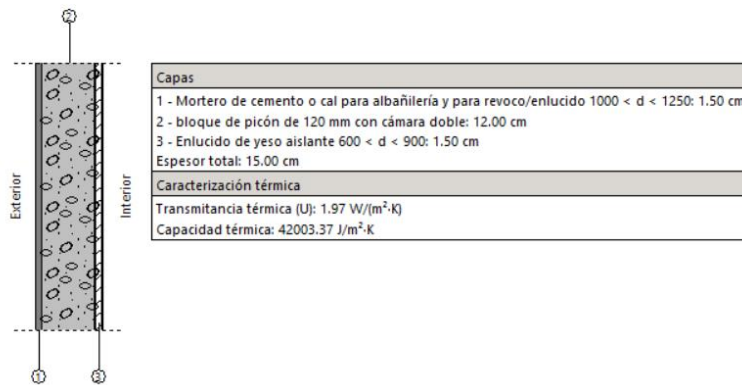


Figura 24: Parede interno de 15cm

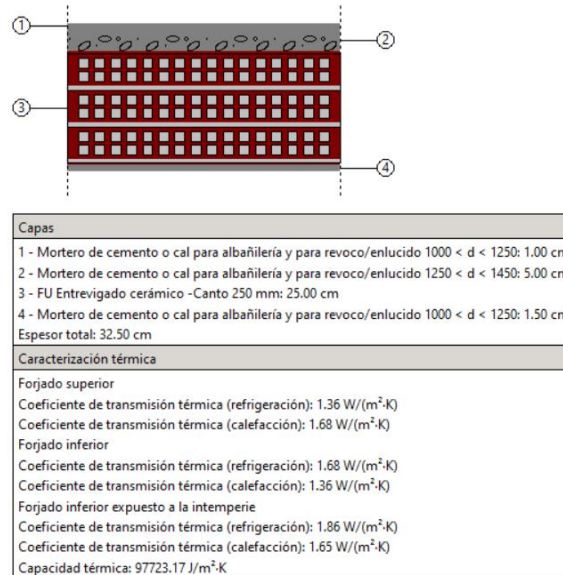


Figura 25: Betão armado entre pisos

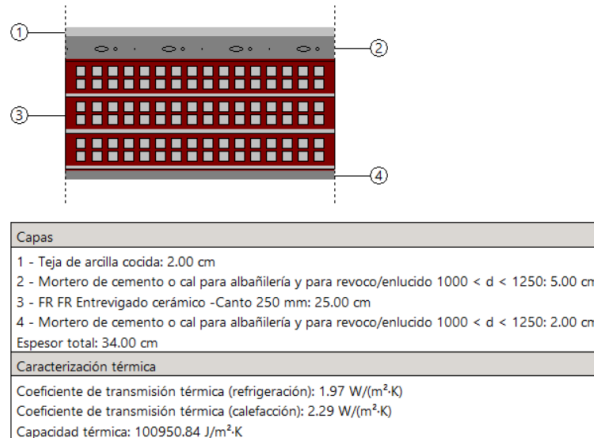


Figura 26: Betão externa superior e telhado

3.2.2.4 Criar as zonas térmicas conforme as informações do hotel;

Os sistemas de Ar-condicionado foram inseridos para diferentes recintos conforme as suas potências de acordo como Anexo B. A Figura 27 mostra um exemplo do ar-condicionado do quarto 100 da planta do rés do chão.

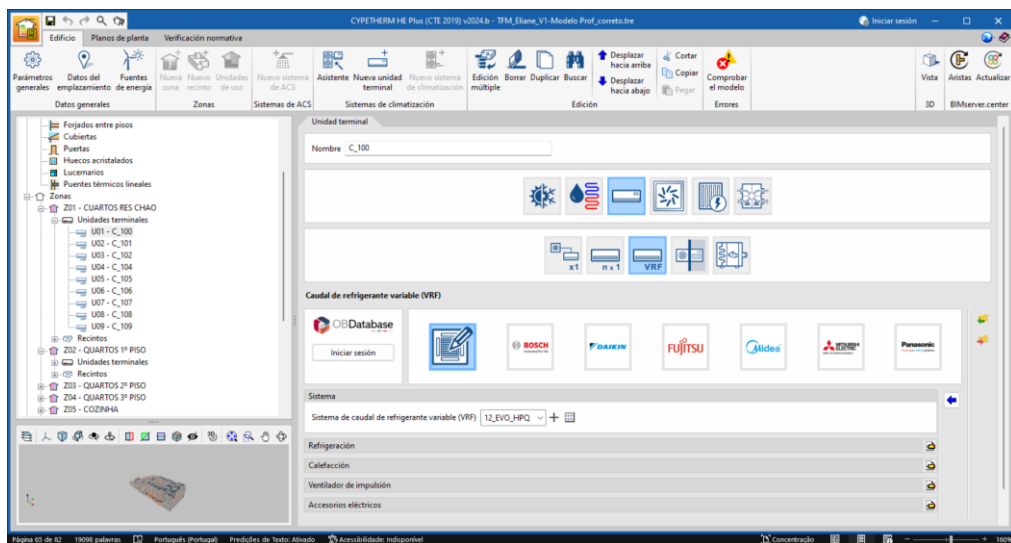


Figura 27: Sistema de ar-condicionado

3.2.2.5 Criar equipamentos de AQS, ar condicionado conforme as informações do hotel;

A energia renovável que o sistema solar térmico mencionado anteriormente representa, foi calculada com base na irradiação solar direta normal do PVGIS, tendo em conta a localização geográfica do edifício, com a seguinte equação $E = (\text{irradiação solar mensal}) \times (\text{área total do coletor}) \times (\text{rendimento do coletor})$, e os resultados

observados na Tabela 10 foram introduzidos no programa CYPETHERM HE Plus, na parte fontes de energias renováveis.

Tabela 4: Energia produzida pelo sistema solar térmico

Mês	Irradiação Solar (kWh/m ²)	Energia (KWh)
Janeiro	159,08	1747
Fevereiro	181,21	1990
Março	208,33	2288
Abril	216,61	2379
Mai	174,98	1921
Junho	136,66	1501
Julho	128,44	1410
Agosto	161,46	1773
Setembro	148,96	1636
Outubro	163,33	1793
Novembro	168,65	1852
Dezembro	140,08	1538
Total	1987,79	21827

4 Capítulo 4: Resultados e Discussão

4.1 Resultados Exigência Básica HE 0 - Limitações do consumo de Energia

A Tabela 5, apresenta o consumo anual de energia final, energia primária e energia primária não renovável correspondente aos diferentes serviços técnicos do edifício. O consumo de serviços de refrigeração inclui o consumo elétrico dos equipamentos auxiliares dos sistemas de ar condicionado.

Tabela 5: Resultados do consumo energético por serviço técnico do edifício

Servicios técnicos	EF		EP _{tot}		EP _{nren}	
	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)	(kWh/año)	(kWh/m ² -año)
Refrigeración	23774.94	11.60	56067.04	27.36	47352.10	23.10
ACS	86141.34	42.03	122382.11	59.71	53144.29	25.93
Ventilación	3355.51	1.64	7913.54	3.86	6683.77	3.26
Iluminación	14644.92	7.15	34535.90	16.85	29167.98	14.23
	127916.70	62.41	220896.54	107.78	136346.09	66.52

S_u - Área útil habitável incluída na envolvente térmica, m²;

EF - Energia final consumida pelo serviço técnico no ponto de consumo;

EP_{tot}- Consumo total de energia primária;

EP_{nren}- Consumo de energia primária de origem não renovável.

Conforme a Tabela 5, pode-se observar que o sistema de climatização representa maior energia final consumida, maior consumo total de energia primária, e consequentemente maior consumo de energia primária não renovável, seguidamente

tem-se o sistema de iluminação. Realmente o sistema de climatização representa maior consumo pois os equipamentos demandam maiores potências quando comparado ao sistema de iluminação, embora sejam de classe A. Esses valores do sistema de iluminação, se justificam pelo uso das lâmpadas LEDs com sensores integrados.

A Tabela 6 mostra o consumo de energia final do edifício por mês, para cada tipo de serviço.

Tabela 6: Consumo de energia Final de edifício

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m ² año)
EDIFICIO (S. = 2049,61 m²)															
Demanda energética	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	973.4	440.5	1010.6	2621.0	4427.9	6483.9	9095.9	13541.9	12977.8	13649.3	8634.2	4636.2	78492.6	38.3
	ACS	7685.2	6941.5	7479.4	7161.3	7194.3	6763.1	6782.8	6782.8	6564.0	7067.9	7039.1	7479.4	84940.7	41.4
	TOTAL	8658.6	7382.0	8490.1	9782.3	11622.1	13247.0	15878.6	20324.7	19541.8	20717.3	15673.2	12115.7	163433.3	79.7
Electricidad	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	257.1	125.6	283.2	623.2	989.2	1336.8	1994.3	4023.8	4106.8	4126.7	2115.3	1004.3	20986.5	10.2
	ACS	2414.2	2180.6	2349.6	2249.6	2260.0	2124.5	2130.7	2130.7	2062.0	2220.3	2211.2	2349.6	26682.9	13.0
	Ventilación	286.2	257.4	285.7	274.2	286.2	276.1	283.8	286.2	273.7	286.2	276.6	283.3	3355.5	1.6
	Control de la humedad	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Electricidad (Sistema de sustitución)	Iluminación	1254.3	1123.2	1252.8	1186.9	1254.3	1209.1	1230.6	1254.3	1185.4	1254.3	1210.6	1229.1	14644.9	7.1
	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Refrigeración	--	--	--	1.4	2.4	14.0	89.6	741.4	1113.1	728.6	94.2	3.7	2788.5	1.4
	ACS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Calefacción	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Medioambiente	Refrigeración	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	ACS	5379.6	4859.0	5235.6	5012.9	5036.0	4734.2	4747.9	4747.9	4594.8	4947.6	4927.3	5235.6	59458.5	29.0
	C_{total}	9591.4	8545.7	9406.9	9348.2	9828.1	9694.7	10477.0	13184.3	13335.8	13563.6	10835.3	10105.6	127916.9	62.4

S_u - Área útil habitável incluída na envolvente térmica, m²;

$C_{ef,totao}$ - Consumo de energia final em ponto de consumo kWh/m².ano.

De acordo com a Tabela 6, observa-se que o serviço de refrigeração apresenta maior variação de consumo de energia durante o ano, comparado ao serviço de águas quentes sanitárias e serviço de iluminação. De janeiro a março são os meses em que o serviço de refrigeração apresenta menores consumo de energia relativamente aos outros meses. Essas variações acompanham as condições climáticas sendo os meses de janeiro a março com menores temperaturas e consequentemente menores usos de serviços de refrigeração. Além disso o fator ocupação, influencia diretamente, por exemplo os meses de verão, são períodos de férias, em que hotel apresenta maiores números de hóspedes durante o ano.

Tabela 7: Demanda energética de aquecimento e refrigeração das zonas habitadas

Zonas habitables		S_u	D_{cal}		D_{ref}	
		(m ²)	(kWh/año)	(kWh/m ² .año)	(kWh/año)	(kWh/m ² .año)
S_u - habitável envolvente	CUARTOS RES CHAO	203.11	--	--	7165.87	35.28
	QUARTOS 1º PISO	311.66	--	--	22856.37	73.34
	QUARTOS 2º PISO	424.75	--	--	25401.11	59.80
	QUARTOS 3º PISO	309.93	--	--	20512.88	66.18
	COZINHA	75.05	--	--	1635.60	21.79
	SALA REUNIAO	15.52	--	--	293.31	18.90
	ESCRITORIO	7.11	--	--	191.52	26.95
	CIRCULACIONES	685.68	--	--	--	--
	RESTAURANTE	16.80	--	--	435.98	25.95
		2049.61	--	--	78492.65	38.30

Área útil
incluída na
térmica, m²;

D_{cal} - Valor calculado da demanda de energia para aquecimento, kWh/ano
 D_{ref} - Valor calculado da demanda de energia de resfriamento, kWh/m²-ano

De acordo com a Tabela 7, observa-se que o edifício não tem de sistema de aquecimento, justamente pelas condições climáticas mencionadas durante o trabalho. A Tabela 7 mostra também que os quartos do piso 2º tem maior necessidade de refrigeração, pois eles têm maiores áreas.

4.2 Resultados Requisito básico HE 1: Controle de necessidade de energia.

A Tabela 8 mostra o resultado da análise das condições das envolventes térmicas do edifício, em que o k é o valor do coeficiente global de transmitância térmica e k_{lim} é o valor limite do coeficiente global de transmitância térmica através da envolvente térmica do edifício, todos em ($W/m^2.k$).

Tabela 8: Condições da envolvente térmica

Transmitancia de la envolvente térmica: Existen elementos de la envolvente térmica cuya transmitancia térmica supera el valor límite.



Coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K)

$K = 2.02 W/(m^2.K) \leq K_{lim} = 1.04 W/(m^2.K)$



A Tabela 8 mostra que o valor calculado de coeficiente global de transmissão térmica a través da envolventes térmicas do edifício é $2,02 W/m^2.k$, maior do que o valor limite do coeficiente global de transmitância térmica através da envolvente térmica do edifício no valor de $1.04W/m^2.k$. De forma clara que o edifício analisado não cumpre o requisito de transmitância térmica de envolvente térmico. Isso se justifica pelo facto de o mesmo não possuir qualquer forma de isolamento térmico nas envolventes opacas, que representa 76,01% desse coeficiente global, enquanto as janelas e portas representam 8,40%, e as pontes térmicas representam 15,59%.

4.3 Resultados Requisito básico HE 4: Contribuição mínima de energia renovável para cobrir a demanda de Água Quente Sanitária (AQS)

O edifício cumpre o requisito básico da contribuição mínima da energia renovável para suprir a necessidade de água quente sanitária. Valor limite da contribuição das energias renováveis para a satisfação da procura de água quente

sanitária (secção 3.1.1, CTE DB HE 4), é de 70%, e o valor obtido nos cálculos é de 75%.

4.4 Resultado de cálculo da necessidade e certificação energética

Tendo em conta apenas a demanda de energia a cobrir pelos sistemas de aquecimento e arrefecimento, as necessidades de energia e potência útil instantânea ao longo da simulação anual são mostradas na Figura 28.

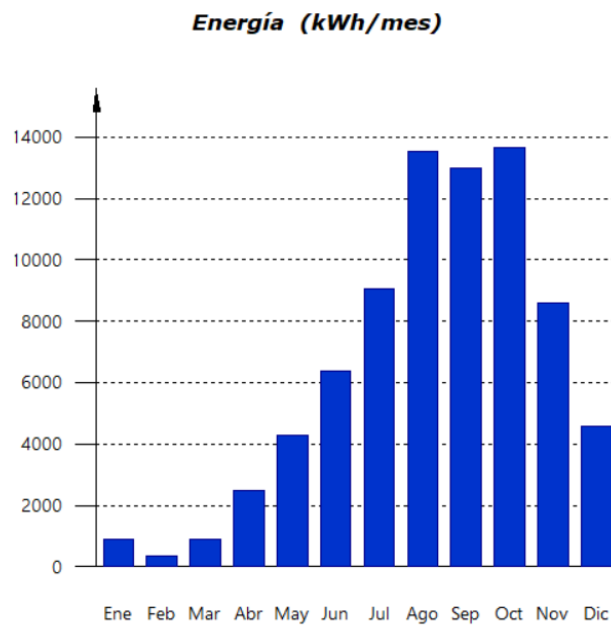


Figura 28:Necessidade mensais de energia do edificio

Tendo em conta que o sistema de aquecimento não é necessário no edifício analisado, a Figura 28, representa a necessidade de arrefecimento, e conforme o mesmo, os meses com maiores picos da necessidade de energia são agosto, setembro e outubro. Esses são os meses mais quentes durante o ano, por isso apresentam maior necessidade de arrefecimento.

A Figura 29, mostra a classificação energética do Hotel da Luz conforme os dados apresentados durante todo o trabalho desenvolvido.

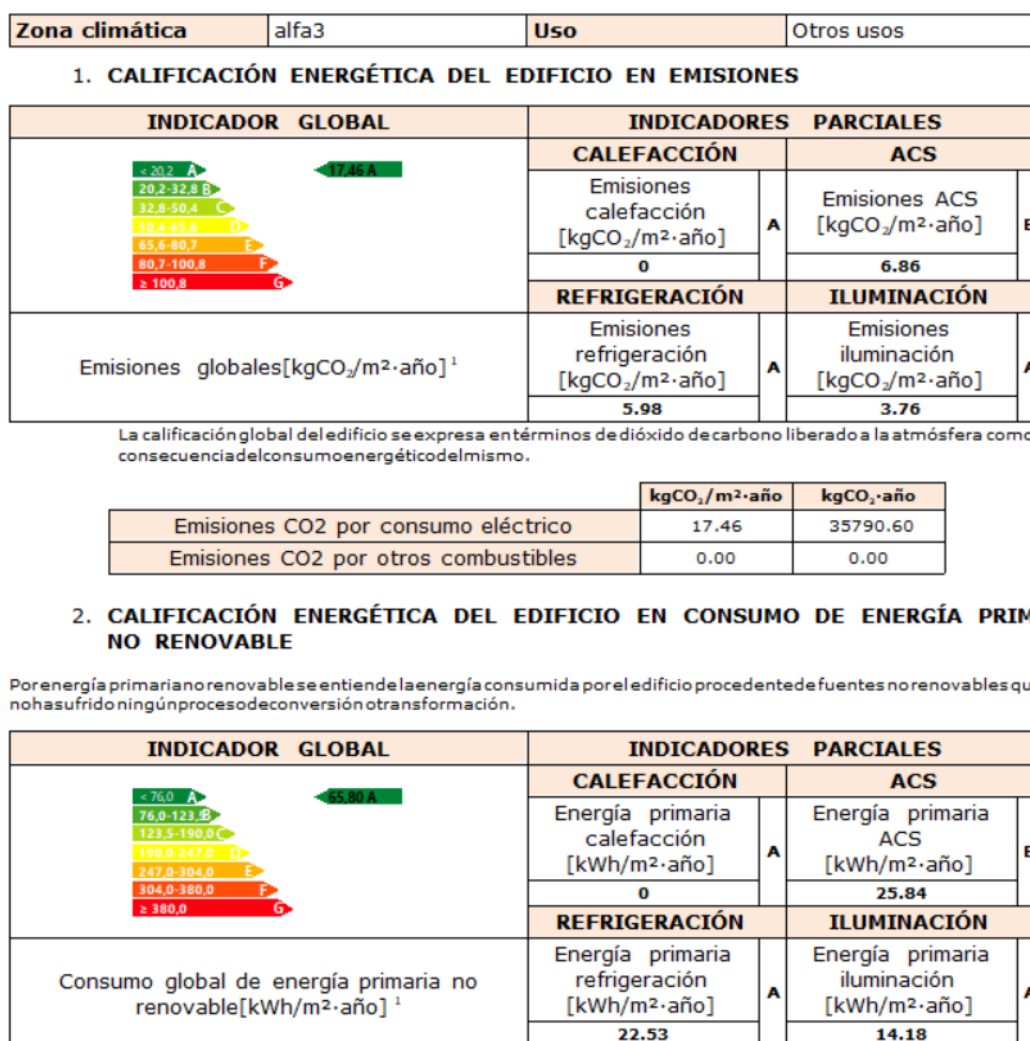


Figura 29: Classificação energética do edifício

Conforme a Figura 29, observa-se que o edifício Hotel da Luz obteve o certificado energético de 17,46 classe A, para classificação energética das emissões de CO₂, é 65,80 classe A para consumo de energia primária não renovável. Deste modo conclui-se que o Hotel da Luz se encontra muito bem enquadrado no que toca a eficiência energética. É claro que existe sempre a possibilidade de melhorias, principalmente no que toca a isolamento térmico nas envolventes e instalação de sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade, que serão detalhadas mais a frente.

Com os valores calculados no Cypeterm he plus, é possível analisar se o Hotel da Luz, cumpre ou não os requisitos mínimos exigidos no CEEE de Cabo Verde. O edifício segue os standards e especificações de qualidade do ar fresco e do ar interior de

acordo com a norma ASHRAE 62.1. As taxas mínimas de ventilação e as taxas de exaustão estão conforme a Tabela 6.1 e a Tabela 6.4 no *standard ASHRAE 62.1*, respectivamente.

As fachadas mais longas do edifício não estão orientadas a Norte-Sul, nem conta com elementos de sombreamento na fachada Sul para menor ganho de radiação solar durante a estação húmida. O edifício tem aproveitamento da iluminação natural em mais de 70%, com níveis de iluminância em diferentes áreas de ocupação, de acordo com as Tabelas 3 e 4 do CEEE 2020. O Rácio Janela-Parede (WWR) é de 50%, ultrapassando os valores estabelecidos que são entre 30% e 40% para edifícios com ocupação diurna e noturna;

O coeficiente de transmitância térmica da parede exterior do edifício ótimo é de $2,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ menor do que exigido no código, com valor de $3,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. O coeficiente de transmitância térmica de calor ideal do vidro é de $1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ inferior ao valor exigido que é de $7,72 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. O Coeficiente de Transferência de Calor ótimo do telhado do edifício é de $1,97 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, maior do que os $1,70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ exigidos na norma.

Os requisitos dos sistemas de ar-condicionado unitários são classificados de acordo com o seu nível de eficiência. Neste caso todos possuem $\text{ERR} > 3,20$ ou seja todos são de classe A conforme o código exige. A iluminação é toda a LED, com ativação por sensores de movimento.

4.5 Proposta de Melhoria

Propõem-se instalação de sistemas fotovoltaicos para produção de eletricidade. A Figura 30, mostra um gráfico com valores de eletricidade consumida no ano 2022 e eletricidade produzida a partir de sistema fotovoltaico. A produção foi calculada com base na irradiação solar local obtida no PVGIS, na área do telhado orientado a Sul disponível para instalação do sistema que é de 159 m^2 , e considerando um rendimento total do sistema de 60%.

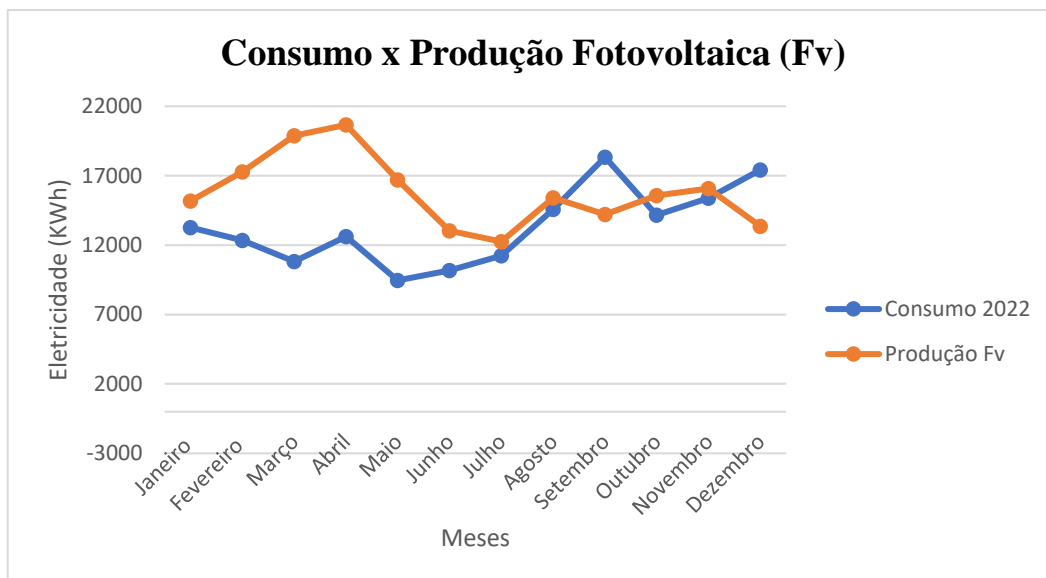
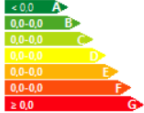


Figura 30: Eletricidade consumida X produção fotovoltaica

Pela Figura 30 é observa-se que a produção fotovoltaica anual ultrapassa o consumo da energia elétrica anual em 9%. Praticamente todos os meses do ano o sistema fotovoltaico produzirá excedentes para a rede da concessionária local, com exceção do mês de setembro que terá de importar da rede, pois a necessidade nesse mês é maior do que a produção fotovoltaica. Ao incluir o consumo com gás butano nos fogões a gás, a produção fotovoltaica ultrapassa de igual modo em 8% o consumo de energia total.

Em seguida inseriu-se os dados da produção fotovoltaica no programa e simulou-se para analisar as melhoras energéticas.

A Figura 31 mostra a certificação dessa simulação.

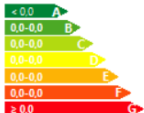
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0	0
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	0	0

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.00	0.00
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	0.00	0.00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	0	0
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	0	0

Pela Figura 31, observa-se que o Hotel da Luz passará a ter o celo de eficiência energética com valor de 0,00 A. Isso se justifica por estar a produzir mais energia elétrica do que consome.

5 Capítulo 5: Conclusão

No final deste estudo pode-se concluir que a certificação energética de edifícios do Hotel da Luz é a classe 17,46 A, para classificação energética das emissões de CO_2 , e classe 65,80 A para consumo de energia primária não renovável. Embora tenha necessidade de algumas melhorias, mas no geral é um edifício bastante eficiente.

A certificação energética de um edifício é um importante instrumento de análise do comportamento térmico e dos consumos energéticos do edifício, permitindo detetar durante a sua elaboração problemas existentes e que sejam responsáveis por consumos energéticos exagerados. O objetivo principal desta dissertação foi concluído, tendo-se efetuado uma análise energética detalhada, determinado a classificação energética do edifício e comparar com os requisitos básicos do CEEE de Cabo Verde.

A proposta de melhoria, mais concreta foi instalação de sistemas fotovoltaicos que permitiu que o edifício passasse da classe 17,46 classe A, para classificação energética das emissões de CO_2 , e classe 65,80 classe A para consumo de energia primária não renovável para 0,00 classe A, para ambos os casos.

Está foi a forma mais prática e técnica possível encontrada para incentivar os hotéis em Cabo Verde a certificarem os seus espaços. Com esse primeiro caso de estudo realizado em um edifício localizado em Cabo Verde, espera-se que sirva de exemplos para muitos hotéis, estudantes e formadores da área e entidades públicas competentes no assunto.

6 Referências Bibliográficas

- Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). *Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers. Environmental Health Perspectives*, Volume 124, Número 6.
- Ardente, F., Beccali, G., Cellura, M., & Marvuglia, A (2011). *Energy performances and life cycle assessment of an Italian residential building*. Publicado em: *Energy and Buildings*, Volume 43, Números 2-3. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.10.015.
- Brown, G. Z., & DeKay, M. (2014). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies (3rd ed.)*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Chegut, A., Eichholtz, P., & Kok, N (2014). *Supply, Demand and the Value of Green Buildings*. Publicado em: *Urban Studies*, Volume 51, Número 1. DOI: 10.1177/0042098013484526.
- Correia, A., & Lourenço, P. B. (2015). Património construído em taipa: contribuição para a sua conservação e reabilitação. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 6 (1), 1-17.
- Daniels, K. (2015). *Building with Nature: Inspiration for the Arts & Crafts Home*. Layton, UT: Gibbs Smith.
- Duarte, R. M., & Lourenço, P. B. (2017). Arquitetura vernacular em Cabo Verde: influência das técnicas construtivas e dos materiais na sustentabilidade dos edifícios. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 8(1), 17-33.
- European Parliament and of the Council. Directive 2002/91/EC - Energy performance of buildings*. Brussels: <https://eur-lex.europa.eu>; 2003.
- Feist, W., Schnieders, J., Dorer, V., & Haas, A. (2005). *Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept*. *Energy and Buildings*, 37(11), 1186-1203.
- Feist, W., Schnieders, J., Dorer, V., & Haas, A. (2005). *Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept*. *Energy and Buildings*, 37(11), 1186-1203.
- Givoni, B. (2011). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.
- Jensen, O. M., Maslesa, E., & Bergsøe, N. C. (2020). *Challenges and research needs for existing building energy performance labeling and certification: A critical review*. Publicado em: *Energy and Buildings*, Volume 226. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.110340.

- Kagerer, F. (2015). "Energy Positive Buildings: Case Study of the Aktivhaus B10." In *Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Manufacturing*.
- Kurnitski, J., Allard, F., Braham, D., Goeders, G., Heiselberg, P., Jagemar, L., & Kosonen, R. (2007). *How to make a building energy efficient - Passive house principles. REHVA Guidebook, 1*.
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects (4th ed.)*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Ministério da Economia e da Inovação. Decreto-Lei n.78/2006. 67. Diário da República; 2006.
- Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Decreto-Lei n. 79/2006. 67. Diário da República; 2006.
- Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Decreto-Lei n. 80/2006. 67. Diário da República; 2006.
- Neves A.R., Leal V. (2015), Lourenço J.C. *A methodology for sustainable and inclusive local energy planning Sustainable Cite Soc*, 17 (2015), pp. 110-121, 10.1016/j.scs.2015.04.005.
- Nunes, L., Tavares, A. O., & Oliveira, D. V. (2016). A importância da madeira na arquitetura vernacular de Cabo Verde. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 7(1), 37-52.
- Oliveira, A. S., & Corbella, O. (2003). *Edifício Ambiental*. São Paulo: Editora Oficina de Textos.
- Pepper, S., Reith, A., & Shi, L. (2019). *The Passivhaus Standard in European National Building Regulations. Buildings*, 9(2), 45.
- Pereira, D. M. (2010). *Construção em alvenaria de pedra em Cabo Verde: análise do desempenho térmico e acústico*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- Petra Vaquero, (2020). *Buildings Energy Certification System in Portugal: Ten years later, Energy Reports*, volume 6, supplement 1, paginal 541-547, ISSN 2352-4847.
- Roaf, S., Crichton, D., & Nicol, F. (2009). *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. Oxford, UK: Architectural Press.
- Schnieders, J., & Hermelink, A. (2006). *CEPHEUS results: Measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. Energy Policy*, 34(2), 151-171.

Silva, R. A., & Lourenço, P. B. (2018). Reabilitação de edifícios históricos em Cabo Verde: um estudo de caso na Ilha de Santiago. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 9(1), 28-42.

Singh, A., Syal, M., Korkmaz, S., & Grady, S. C. (2011) *Effects of green buildings on employee health and productivity*. Publicado em: *American Journal of Public Health*, Volume 101, Número 9. DOI: 10.2105/AJPH.2010.300086.

Smith, A., & Jones, B. (2019). "Active Houses: A New Direction in Sustainable Architecture." *Journal of Green Architecture*, 15(3), 223-240.

Ürge-Vorsatz, D., Eyre, N., Graham, P., Harvey, D., Hertwich, E., Jiang, Y., ... & Novikova, A. (2012). *Energy End-Use: Buildings*. Publicado em: *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. Páginas: 649-760.

Vieira, L. M., & Faria, P. (2019). Sustentabilidade na arquitetura vernacular de Cabo Verde: um estudo de caso na Ilha de São Nicolau. *Revista de Arquitetura e Urbanismo*, 10(1), 45-60.

GUIA IDAI (2015), classificação de eficiência energética do edifício elaborado com a colaboração do Instituto de Ciências da Construção Eduardo Torroja – IETcc-CSIC e Associação para a Pesquisa e Cooperação Industrial da Andaluzia, AICIA. Versão 1.1 novembro 2015.

CYPETHERM HE Plus, Manual de Uso, *Certificación de la eficiencia energética de los edificios y justificación normativa de CTE DB HE 0, HE 1 y HE 4 mediante un modelo del edificio para simulación energética calculado con EnergyPlus™ version 9.5*.

CEEE (2020), Boletim Oficial, Ministério de Indústria Comercia e Energia, Ministério da Infraestrutura e Ordenamento de Território e Habitações e Ministério de Agricultura e Ambiente. Portaria nº 24/2020 de 3 de junho. Acedido em 20/02/2023: <https://eficienciaenergetica.cv/index.php/blog/cabo-verde-ja-tem-o-seu-primeiro-codigo-de-eficiencia-energetica-em-edificios>.

REFERENCIAS DE SITES:

Estados Unidos da América:

ENERGY STAR. Acedido em: 12/04/2023 e 15/07/2023:

- <https://www.energystar.gov/buildings/facility-owners-and-managers/existing-buildings/use-portfolio-manager>;
- US Green Building Council: <https://www.usgbc.org/>;
- Building Performance Institute: <https://bpi.org/>;

Reino Unido:

Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios (EPBR). Acedido em: 12/04/2023:

- <https://www.gov.uk/government/publications/guide-to-energy-performance-certificates-for-the-construction-sale-and-let-of-non-dwellings/guide-to-energy-performance-certificates-for-the-construction-sale-and-let-of-non-dwellings>;
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). Acedido em: 12/04/2023: <https://www.cibse.org/>;
- National Energy Services (NES): <https://www.nesltd.co.uk/>.

União Europeia:

- Diretiva de Desempenho Energético de Edifícios (EPBD). Acedido em: 13/04/2023: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/buildings_en
- European Energy Centre (EEC): <https://www.energy-ec.co.uk/>
- Energy Institute (EI): <https://www.energyinst.org/>

Austrália:

- Regulamento Nacional de Construção (NCC): <https://www.abcb.gov.au/>
- Australian Building Codes Board (ABCB): <https://www.abcb.gov.au/>
- Building Designers Association of Australia (BDAA): <https://bdaa.com.au/>

China:

- Regulamento de Construção de Economia de Energia (EECB): <https://www.chinaenergyportal.org.cn/en/2019-china-energy-policy-update/>
- China National Institute of Standardization (CNIS): <http://www.cnis.gov.cn/english/>
- China Association of Building Energy Efficiency (CABEE): <http://www.cabee.org.cn/En/Index.aspx>

Building Challenge acedido em 15/07/2023 www.living-future.org

Zero Energy Ready Home acessado em 15/07/2023 www.energy.gov

Eficiência Energética.CV, acessado em 21 de Julho.
<https://gerador.eficienciaenergetica.cv/site/equipment/14>.

Passivhaus Institut. (2021). Passivhaus - the energy performance standard. Disponível em:
https://passivehouse.com/03_passivehouse_standard/03_passivehouse_standard.html

Cype ingenieros, S.A, 2023. Acessado em 08/08/2023. Disponível em: Preço em Cabo Verde de m² de Isolamento pelo exterior em fachadas ventiladas. Gerador de preços para construção civil. CYPE Ingenieros, S.A. (geradordeprecos.info).

Google Earth, 2023. Acessado em 09/08/2023. Disponível em:
<https://earth.google.com/web/search/Hotel+Da+Luz,+Santa+Maria,+Cabo+Verde/@16.5984863,22.90057392,5.65959401a,175.50792105d,35y,0.00000001h,1.47726666t,0r/data=CigiJgokCRJoWAlI-0RAEWp0iQaCmURAGezaUP7xEhnAIXV4N9XRAx3A>

Mapa de localização geográfica de Cabo Verde, acessado em 26/07/2023, disponível em: <https://www.mapas-del-mundo.net/africa/cabo-verde/grande-mapa-de-ubicacion-de-cabo-verde>.

Agência Internacional de Energia (AIE). (2020). Eficiência Energética 2020. Recuperado em 30 de agosto de 2023, de <https://www.iea.org/reports/efficiency-2020>

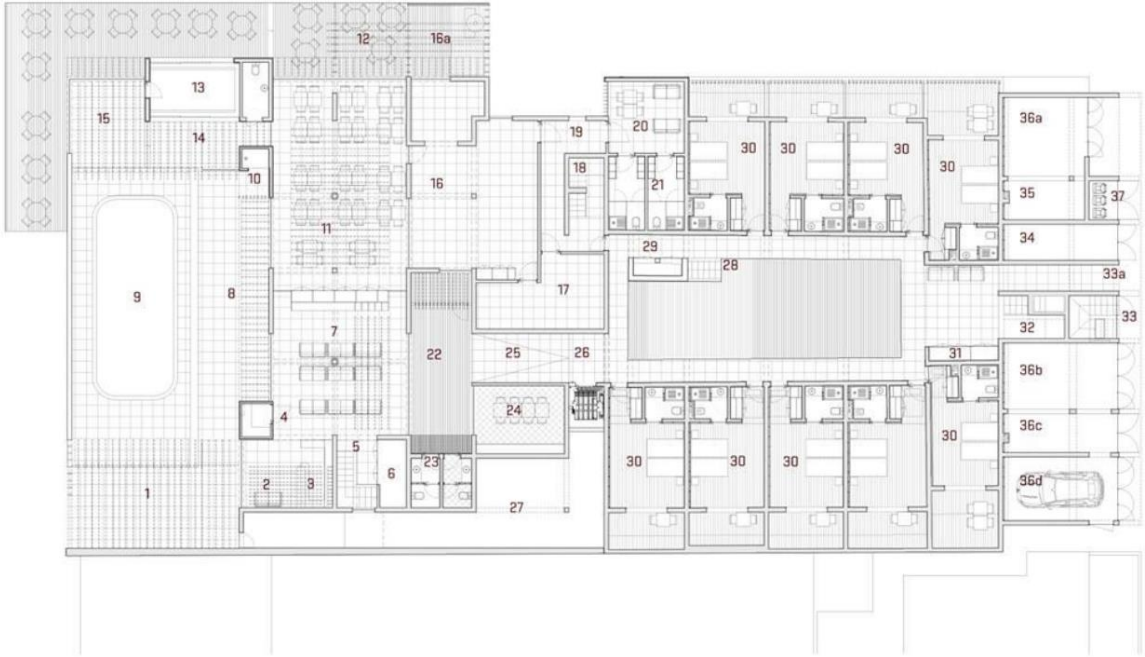
ARME (Agência Reguladora Multissetorial da Economia), Acessado em 30 de Agosto de 2023, disponível em: [ARME - ARME faz ajustes extraordinários nas Tarifas de Eletricidade.](#)

PVGIS, 2023, acessado em 31 de agosto de 2023, disponível em: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

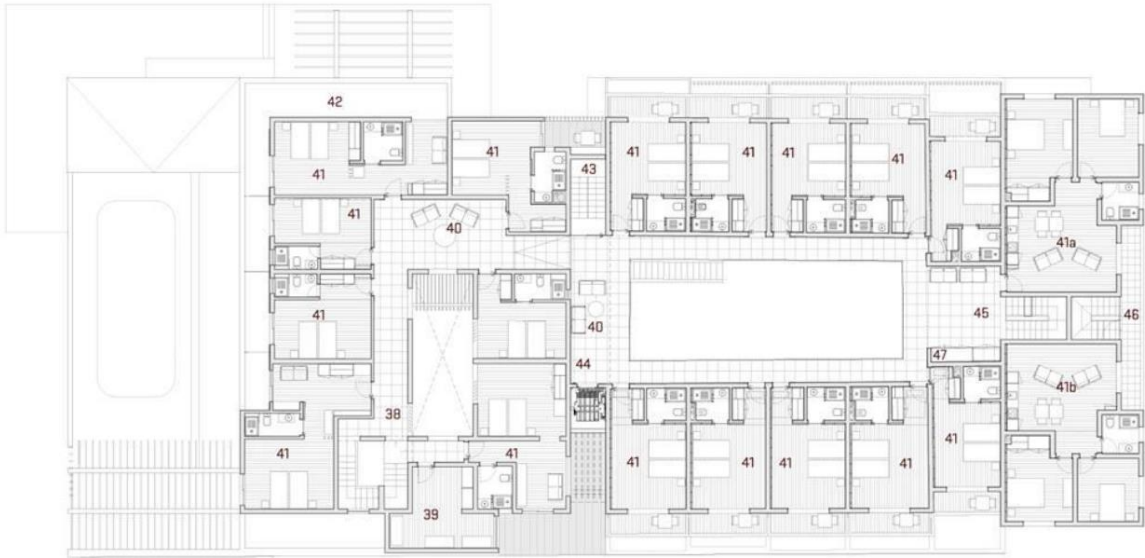
ONEBUILDING.ORG, 2023, acessado em 07 de agosto de 2023, disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_1_Africa/CPV_Cabo_Verde/index.html

Anexo A: Planta do Edifício

Baixa



Piso 1



Piso 2



Piso 3



Anexo B: Características dos Ar-condicionado Instalado no Edifício

Quartos Planta Baixa

Quarta-planta baixa		Potência (W)	EER	COP
100	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
101	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
102	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
104	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
105	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
106	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
107	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
108	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
109	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
Potência Total Instalada		31680 W		

Quartos Piso 1

Quartos-piso 1		Potência (W)	ERR	COOP
200	Sysplity multi2 18 evo hpq	5280	3,02	3,71
201	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
202	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
204	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
205	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
206	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
207	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
208	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
209	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
210	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
211	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
212	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
214	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
215	Sysplity multi2 18 evo hpq	5280	3,02	3,71
216	Sysplity multi2 18 evo hpq	5280	3,02	3,71
217	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
218	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
219	Sysplity multi3 27 evo hpq	7910	3,23	3,73
220	Sysplity multi3 27 evo hpq	7910	3,23	3,73
Potência Total Instalada		68620 W		

Quartos Piso 2

Quartos-piso 2		Potência (W)	ERR	COOP
300	Sysplity multi2 18 evo hpq	5280	3,02	3,71
301	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
302	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
304	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
305	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96

306	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
307	Sysplity multi3 27 evo hpq	7910	3,23	3,73
308	Sysplity multi3 27 evo hpq	7910	3,23	3,73
309	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
310	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
311	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
312	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
314	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
315	Sysplity multi2 18 evo hpq	5280	3,02	3,71
Potência Total Instalada		52780		

Quartos Piso 3

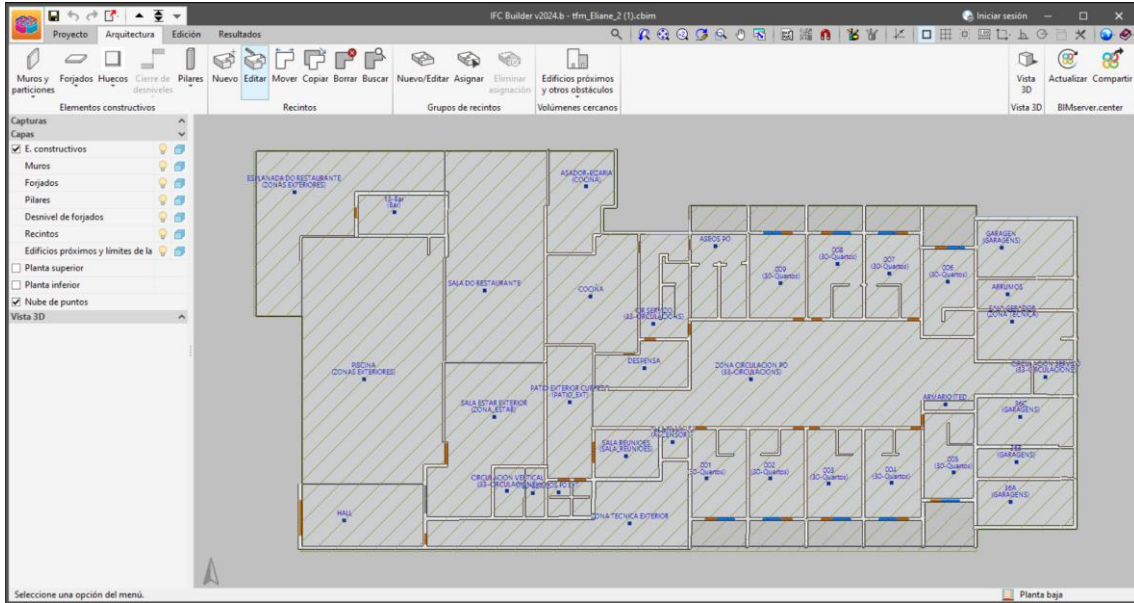
Quartos-piso 3		potência (w)	ERR	COP
400	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
401	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
402	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
404	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
405	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
406	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
407	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
408	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
409	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
410	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
411	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
412	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
414	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
415	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
Potência Total Instalada		36960		

Espaços

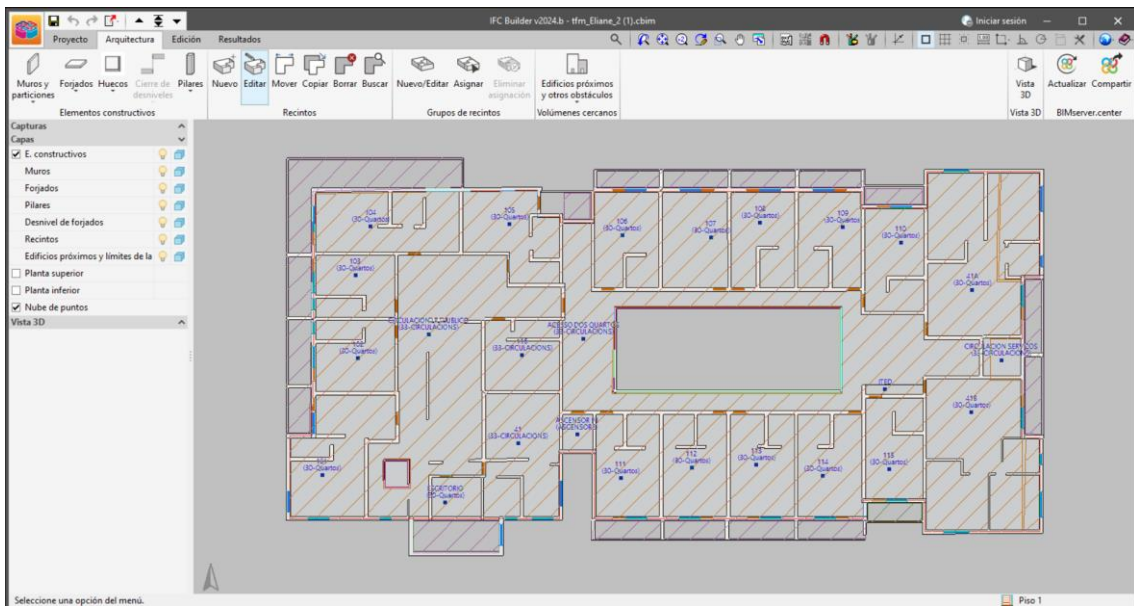
Espaços		Potência (W)	EER	COP
Cozinha	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
Restaurante	Split multi3 21 evo hpq	6150	3,21	3,7
Receção	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
Sala reunião	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
Bastidor	Sysplit wall out 09 inv hpq	2640	3,72	3,96
Escritório	Sysplity duct 12 evo hpq	3520	3,23	3,63
Potência Total Instalada		22870		

Anexo C: Plantas, Construção do Modelo IFC-Builder

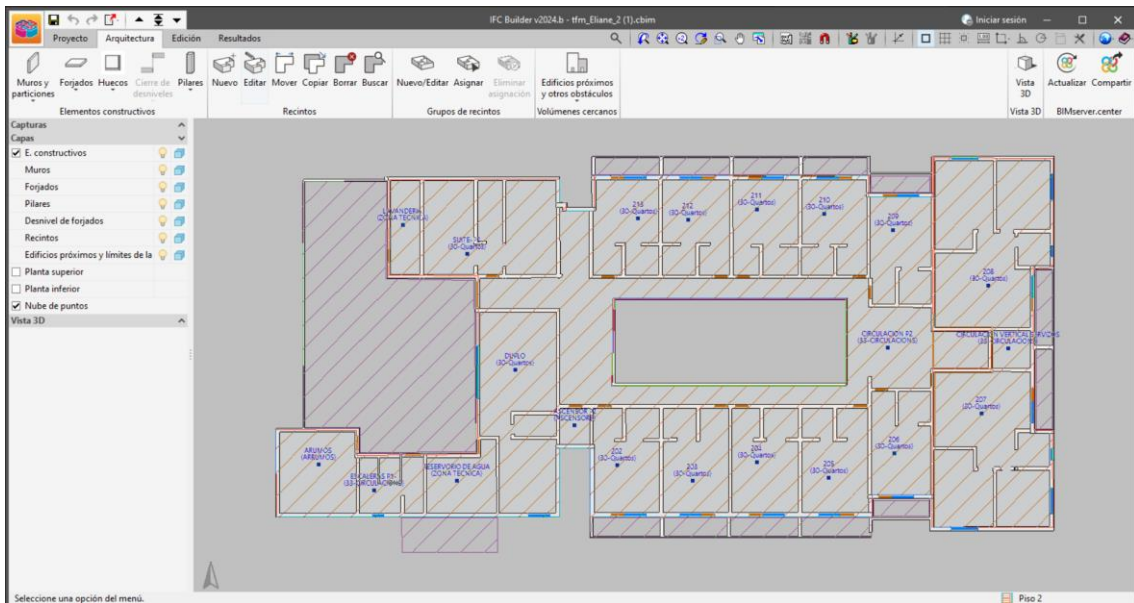
Baixa



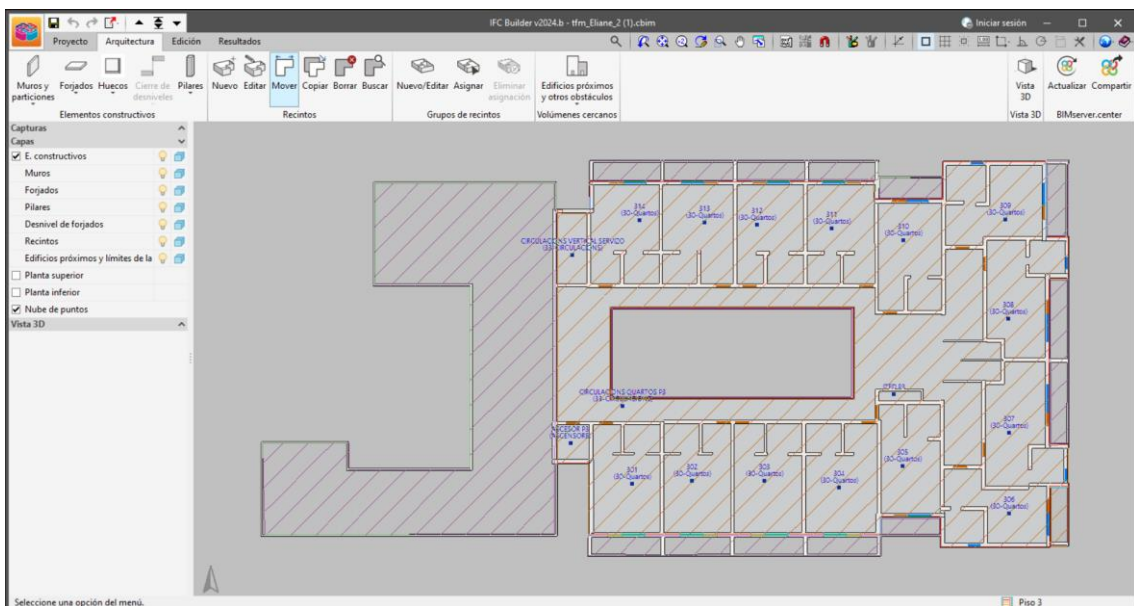
Piso 1



Piso 2



Piso 3



Cobertura

