

Métodos de Certificação Energética nos Edifícios Residenciais em Cabo Verde

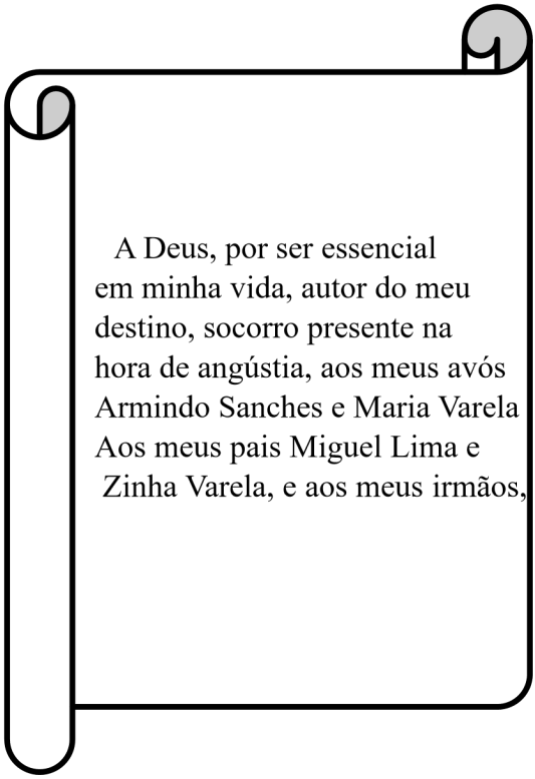
Jocelino Lopes Moreira Lima

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Energia Renováveis e Eficiência Energética

Orientador: Prof. Doutor Orlando Manuel de Castro Ferreira Soares

Bragança, dezembro de 2024

Dedicatória



A Deus, por ser essencial
em minha vida, autor do meu
destino, socorro presente na
hora de angústia, aos meus avós
Armindo Sanches e Maria Varela
Aos meus pais Miguel Lima e
Zinha Varela, e aos meus irmãos,

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades encontradas na vida.

Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuiu para a realização deste projeto conclusão do Mestrado. Agradeço em especial ao Professor Dr. Orlando Soares e engenheiro Edmir Correia, pelo apoio e orientação durante a elaboração deste projeto. Agradeço pelo incentivo e a partilha de conhecimentos ao longo da evolução deste trabalho, sendo determinantes para o meu conhecimento profissional e pessoal.

Agradeço o apoio incondicional da minha família nos momentos mais difíceis deste meu percurso académico, e por todos os conselhos dados, particularmente a minha Avo, Maria Semedo Varela.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos de curso que estiveram sempre presentes neste meu percurso académico, destacando, Adeusa Sulamita Correia de Pina.

À minha esposa, Joceline Varela Moreira Lima por todo o seu apoio, motivação e pela incessante confiança depositada em mim, que me ajudaram a superar os obstáculos pelos quais me fui deparando ao longo deste percurso.

A finalizar, gostaria de agradecer a todos os professores do Departamento de Eletrotécnica e funcionários da Escola Superior de Tecnologias e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança por todos os conhecimentos transmitidos e pelos momentos passados.

RESUMO

Os sistemas de classificação de edifícios quanto a eficiência energética é um fenómeno usado por vários países. Deste modo, é necessário que cada nação aprimore sua experiência em etiquetagem de eficiência energética, visando criar normas que se adequem à realidade local. Para que atinja a sustentabilidade das edificações, antes de tudo é necessário que seja criado um referencial que estabeleça a partir de quais critérios se analisa a inclusão de preocupação ambientais, sociais e económicas na conceção e execução de um edifício.

Desta feita propõem – se com este projeto analisar os parâmetros dos consumos energéticos, quer a nível nacional, quer a nível da CEDEAO, conhecer o padrão de consumo nacional face ao padrão da região da CEDEAO, quanto a eficiência em edificações, analisar dois dos principais métodos de certificação energética dos edifícios internacionais, certificações AQUA e LEED, apresentando os seus parâmetros de classificação, conceitos e procedimentos específicos de certificações energéticas para residências.

Aplicar as metodologias das certificações energéticas apresentadas em caso de estudo demonstrando as boas práticas e os ganhos conseguidos com a eficiência energética de acordo com os dados levantados e com as tecnologias apresentadas, obtendo um cenário geral das suas inadequações ao contexto residencial em Cabo Verde.

Palavras-chaves: Eficiência Energética; Certificação Energética; Edifícios Residências;
Certificação AQUA; Certificação LEED

ABSTRACT

Building classification systems is a phenomenon and used by many countries. In this way, each nation needs to improve its experience in energy efficiency labeling, in order to create standards that fit the local reality. In order to achieve the sustainability of buildings, first of all it is necessary to create a framework that establishes from which criteria the inclusion of environmental, social and economic concerns in the design and execution of a building is analyzed.

This project aims to analyze the parameters of energy consumption, both at national level and at ECOWAS level, to know the national consumption pattern vis - à - vis the ECOWAS region standard, as well as efficiency in buildings, to analyze two of the main methods of energy certification of international buildings, AQUA and LEED certifications, presenting their classification parameters, concepts and specific procedures for energy certifications for residences.

Apply the methodologies of the energy certifications presented in case of study demonstrating the good practices and the gains achieved with the energy efficiency according to the data collected and with the technologies presented, obtaining a general scenario of their inadequacies to the residential context in Cape Verde.

Keywords: Energy Efficiency; Energetic certification; Buildings Residences; AQUA certification; LEED Certification

*“Uma paixão forte por qualquer objeto assegurará o sucesso, porque o desejo
pelo objetivo mostrará os meios”*

William Hazlitt

LISTA TABELAS

Tabela 1 - Consumo de energia por estimativa de eletrodoméstico. Fonte [3]	24
Tabela 2 - Categorias do Processo AQUA. Fonte [33]	30
Tabela 3 - Categorias da certificação LEED. Fonte: [36]	34
Tabela 4 - Critérios LEED. Fonte [36]	36
Tabela 5- Dados Iniciais da residência [37]	39
Tabela 6 - Ambientes da residência caso de estudo [37]	40
Tabela 7 - Valor de Transmitância e Capacitância térmica na residência caso de estudo [39]	41
Tabela 8 - Tipos de superfície e suas absorptâncias. Fonte [39]	43
Tabela 9 - Potência das lâmpadas caso de estudo. Fonte [37]	45
Tabela 10 - Resultado do processo AQUA no caso de estudo. [34]	48
Tabela 11 - Índice de HERS e pontos LEED. [40]	58

LISTA FIGURAS

Figura 1 - Taxas de acesso à energia nos estados-membros da CEDEAO. Fonte [5]	06
Figura 2 - Consumo energético final por setor nalguns Estados-membros da CEDEAO. Fonte [6]	07
Figura 3 - Consumo de combustíveis para produção de eletricidade (2013- 2017). Fonte [8] [9]	08
Figura 4 - Evolução da Potência Instalada em Cabo Verde. Fonte [10]	09
Figura 5 - Evolução de produção de energia elétrica em Cabo Verde. Fonte [10]	10
Figura 6 - Diagrama de carga da ilha de santiago. Fonte [10]	10
Figura 7 - Distribuição de consumo de eletricidade por sector. Fonte [3]	11
Figura 8 - Despesas familiares dos cabo-verdianos. Fonte [13]	12
Figura 9 - Despesas anual individual em cada agregado por conselho. Fonte [13]	12
Figura 10 - Radiação global nas ilhas de Cabo Verde. Fonte [15]	14
Figura 11 - Orientação dos edificios. Fonte [18]	15
Figura 12 - Ilustração de um modelo de isolamento térmico exterior. Fonte [20]	16
Figura 13- Cobertura a laje maciça. Fonte [23]	18
Figura 14 - Casas colónias, cidade velha. Fonte [24]	18
Figura 15 - Coberturas Verdes. Fonte [25]	19
Figura 16 - Sistema envidraçados com dois panos de vidros. Fonte [26]	20
Figura 17 - Processo de ventilação nos edificios. Fonte [28]	22
Figura 18 - Utilização típica de energia no sector residencial. Fonte [3]	22
Figura 19 - Importações de eletrodoméstico por país de origem. Fonte [3]	23
Figura 20 - Energia acumulativa por aparelho (2004-13). Fonte [3]	25
Figura 21 - Selos de certificação dos edificios no mundo. Fonte [31]	28
Figura 22 - Perfil mínimo de desempenho para certificação AQUA. Fonte [33]	29
Figura 23 - Níveis de certificação Leed. Fonte [37]	33

Figura 24 - Percentuais de certificações LEED registadas até 09/11/2011 Fonte: [36]	35
Figura 25 - Residência utilizada no caso de estudo. Fonte (Autoria do autor)	38
Figura 26 - Medições das Janelas. Fonte (Autoria do autor)	39
Figura 27 - Tipologia de parede caso de estudo [39]	41
Figura 28 - Detalhe da coloração interior. Fonte (Autoria do autor)	42
Figura 29 - Cobertura da residência. Fonte (Autoria do autor)	42
Figura 30 - Lâmpada utilizada na residência. Fonte (Autoria do autor)	44
Figura 31 - Printscreen no software Energy Gauge - Dados climáticos. Fonte (Autoria do autor)	50
Figura 32 - Printscreen no Software - Dados de Sala comum 1. Fonte (Autoria do autor)	51
Figura 33 - Printscreen no software energy gauge - Dados dos pisos. Fonte (Autoria do autor)	51
Figura 34 - Printscreen no software energy gauge – Parede. Fonte (Autoria do autor)	52
Figura 35 - Printscreen no software energy gauge - Dados de janela 1. Fonte (Autoria do autor)	53
Figura 36 - Printscreen no software energy gauge - Dados de iluminação artificial cozinha 1. Fonte (Autoria do autor)	53
Figura 37 - Printscreen no software energy gauge - Resultado final. Fonte (Autoria do autor)	54

ÍNDICE

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA TABELA.....	viii
LISTA FIGURAS.....	ix
Capítulo 1 - Introdução	1
1.2 - Objetivo Geral:.....	2
1.3 - Objetivos Específicos:.....	3
1.3 – Justificativa.....	3
1.5 – Metodologia.....	3
1.6 – Estrutura do trabalho	4
Capítulo 2 – Parâmetros dos consumos energéticos e económicos	6
2.1 – Consumo Energético – Panorama CEDEAO	6
2.2 - Consumo Energéticos – Panorama Nacional	8
2.3 – Potência contratada.....	11
2.4 – Caracterização social nacional da utilização de energia no sector residencial	11
3.1 – Características exteriores dos edificios	13
3.1.1 - Orientação e a captação do sol	13
3.2 – Características das construções	15
3.2.1 - Sombreamento	15
3.2.2 - Isolamento das paredes.....	16
3.2.3 - Cor do revestimento	17
3.2.4 - Coberturas	17
3.2.5 - Coberturas verdes	19
3.2.6 - Vãos envidraçados.....	19
3.3 - Ventilação Natural.....	21
3.4 – Caracterização dos Equipamentos da Habitação.....	22
3.4.1 - Etiquetagem energética	23

Capítulo 4 – Certificação energética dos edifícios.....	26
4.1 – Certificação energética em Cabo Verde	26
4.2 – Certificação e Selos Verdes	27
4.3 – Certificação AQUA	28
4.3.1 – Categoria AQUA	28
4.3.2 – Critério de Pontuação	29
4.3.3 - Aplicação para o caso de estudo	30
4.4 – Certificação LEED	33
4.4.1 – Categorias LEED	34
4.4.2 - Critérios de Pontuação.....	35
4.4.3 – Aplicação em caso de estudo	37
4.4.4 – Energia e atmosférica.....	37
4.4.5 - Simulação computacional – Desempenho energético otimizado	37
Capítulo 5 – Estudo de caso	38
5.1 – Local.....	38
5.2 – Coleta de dados	38
5.2.1 – Ambientes da residência	38
5.2.2 – Janelas	40
5.2.3 – Paredes	40
5.2.4 – Cobertura	42
5.2.5 – Sistema de iluminação artificial.....	44
5.7 – Aplicação da certificação AQUA	45
5.8 – Aplicação da certificação LEED	49
6 – Conclusão	57
6.1 – Recomendações para trabalhos futuros:	58
Referências Bibliográfica.....	59
ANEXOS – PLANTAS DA RESIDÊNCIA CASO DE ESTUDO.....	62
APÊNDICE – RESIDÊNCIA DE CASO DE ESTUDO	65
Localizações das Janelas e dos Ambientes - RC	66
Localizações das Janelas dos Ambientes – 1º Andar.....	67

LISTA DE ABREVIATURA

AIE	Agência Internacional da Energia
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
CEDEAO	Comunidade Económica dos Estados da Africa Ocidental
DGE	Direção Geral de Energia
EE	Eficiência Energética
GEE	Gases com Efeitos de Estufa
GPL	gás de petróleo liquefeito
HERS	Home Energy Rating System
IGQP	Instituto de Gestão da Qualidade e Propriedade Intelectual
INE	Instituto Nacional de Estatísticas
LEDD	Leadership in Energy and Environmental Design
MEPS	Normas Mínimas de Desempenho Energético
PEEE	Projeto de Eficiência Energética nos Edifícios e Equipamentos
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
SE4ALL	Energia Sustentável para Todos
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento

Capítulo 1 - Introdução

Após os tratados do Protocolo de Quioto (1997), um grande desafio para o século XXI é a garantia de futuro sustentável, uma vez que o crescente consumo de energia se mostra prejudicial à preservação de recursos naturais em longo prazo. Tendo em vista a atual discrepância no fornecimento de energia no cenário mundial, é essencial que a sua geração e distribuição sejam realizadas com igualdade. Para isso, a eficiência energética apresenta um papel de grande relevância na otimização das tecnologias adequadas ao desenvolvimento com uso racional de energia. A Eficiência energética consiste em obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. Não se trata da redução da produção, mas sim da redução do consumo de energia. Do ponto de vista da construção civil, um edifício é considerado mais eficiente do que outro se “oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia” [1].

Em Cabo Verde, a eficiência energética é uma ferramenta importante para promover economias de custos. Procura-se reduzir a procura global de energia em 20% em relação ao cenário base até 2030, envolve medidas estruturais, política e tecnologia alinhada com objetivos de sustentabilidade e eficiência energética.

Para atingir este objetivo, estão previstas várias medidas importantes, entre os quais destaca-se a melhoria do desempenho energético dos edifícios. A maioria das atividades quotidianas, de lazer e produtivas acontecem em edifícios. Estes por sua vez, dependendo das características construtivas ou de funcionamento, originam consumos energéticos, por exemplo, para iluminação ou climatização [2].

O projeto da edificação destinada à habitação necessita ir sempre além da simples satisfação de normas técnicas, frequentemente presentes no projeto de arquitetura. Deve resultar em uma edificação que atenda adicionalmente a uma série de anseios materiais e psicológicos dos seus ocupantes, reunindo as qualidades necessárias ao atendimento de condições básicas de segurança, saúde, higiene e bem-estar dos moradores [1].

Uma boa conceção arquitetónica e um bom uso de materiais podem reduzir significativamente as necessidades de consumo em iluminação e climatização. O que se pretende é que no futuro, todos os edifícios possam ser desenhados utilizando conceitos bioclimáticos e materiais adaptados ao clima de Cabo Verde. Por outro lado, pretende-se que todos os edifícios, passem a proporcionar um mínimo de conforto térmico e de qualidade do ar aos seus utilizadores [3].

A certificação energética em edifícios residenciais em Cabo Verde surge como uma ferramenta crucial para a promoção da sustentabilidade e da eficiência energética. Em um país com recursos naturais limitados e dependente de fontes de energia importadas, a necessidade de racionalizar o consumo energético é premente. A certificação energética de edifícios desempenha um papel fundamental ao permitir que proprietários, construtores e consumidores compreendam o desempenho energético de uma habitação, promovendo o uso de soluções que reduzem o consumo e minimizam o impacto ambiental.

Os métodos de certificação energética para edifícios residenciais em Cabo Verde envolvem a análise de vários fatores que influenciam o consumo de energia, tais como o isolamento térmico, a qualidade dos materiais de construção, a orientação solar, a ventilação natural, a eficiência dos sistemas de iluminação e climatização, além do uso de fontes renováveis de energia, como painéis solares. Essas certificações classificam os edifícios de acordo com seu desempenho energético, geralmente em uma escala que varia do mais eficiente (classe A) ao menos eficiente (classe G).

Em Cabo Verde, o desafio para a implementação eficaz de um sistema de certificação energética está na adaptação de normas internacionais às condições climáticas e econômicas do país. O clima tropical e seco de Cabo Verde demanda soluções construtivas específicas que possam reduzir a necessidade de refrigeração artificial e otimizar a captação de ventilação natural. Além disso, a capacitação de profissionais especializados e a criação de um quadro regulamentar sólido são fundamentais para garantir que os edifícios sejam construídos e avaliados com base em critérios rigorosos de eficiência energética.

Por fim, a certificação energética pode ser um fator de valorização do mercado imobiliário em Cabo Verde, à medida que mais consumidores buscam residências que ofereçam não apenas conforto, mas também economia nas contas de energia. Ao promover a eficiência energética, Cabo Verde também avança em direção aos seus objetivos de desenvolvimento sustentável, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e para a segurança energética do país [3].

1.2 - Objetivo Geral:

Identificar e analisar os métodos de classificação energética de edifícios residenciais (AQUA e LEED), aplicar essas metodologias de certificações energéticas em um caso de estudo, obter assim um panorama geral das suas inadequações ao contexto habitacional do país

de forma a criar suporte para o desenvolvimento de um sistema nacional de certificação energética para edifícios residências.

1.3 - Objetivos Específicos:

- Analisar o padrão de consumo nacional face a região da CEDEAO;
- Analisar dados de consumos energéticos e hábitos de consumo;
- Identificar os conceitos e procedimentos específicos de certificações energéticas internacionais para edifícios residências;
- Demonstrar os critérios mínimos que devem ser contemplados para que uma edificação se enquadre dentro do quadro de classificação de eficiência energética de edifícios de acordo com os requisitos técnicos de qualidade para o nível de eficiência energética;
- Aplicar as metodologias das certificações energéticas apresentadas em um caso de estudo.

1.3 – Justificativa

Após as crescentes crises e aumentos dos custos dos combustíveis fósseis seja do ponto de vista econômico, ambiental e social fica claro que se pode alcançar os mesmos resultados com menores custos, adaptar práticas de eficiência energética se torna economicamente viável se analisado os custos para adquirir a energia que seria consumida. Muito se tem pesquisado em melhorias na distribuição e na geração de energia elétrica, porém sabe-se que esses esforços serão inúteis caso não sejam melhoradas suas formas de utilização.

Com a introdução da eficiência energética nos edifícios nacionais, pode ser feito importantes poupanças de custo, assim como o elevado custo da eletricidade. Em termos de edificações residências existem uma serie de desafios. Um dos principais constrangimentos é a falta de consciencialização no seio dos utentes, pelo que não contribuem para que o mercado faça poupança de energia. Isso deve-se à falta de informação sobre possíveis poupanças com medidas corretas para esse fim [4].

1.5 – Metodologia

O trabalho foi desenvolvido com base em uma pesquisa exploratória, explicativa e descritiva através de levantamento bibliográfico em livros, artigos científicos e revistas

didáticas, análise e interpretação de dados do sistema do sector elétrico de Cabo Verde. Uma primeira pesquisa bibliográfica envolvendo os parâmetros que influenciam o consumo energético e económico, nível nacional e a nível da CEDEAO.

Analisa-se a metodologia base de trabalho de programas de certificação ambiental internacional para aplicar no caso de estudo, a característica dos diferentes programas de etiquetagem estudados levará a construção de critérios para avaliar o edifício escolhido para o estudo. O caso de estudo da metodologia de etiquetagem será realizado em uma residência em Pedra Badejo. A escolha da residência foi feita tendo em mente uma moradia que possua características semelhantes à maior parte das residências atuais em Cabo Verde, ou seja, uma residência dita padrão. Tais parâmetros serão identificados após uma pesquisa efetuada nos órgãos municipais e regionais do país, donde serão analisados parâmetros, tais como o acesso e o consumo energético no sector residencial e as características das residências nacionais. Em seqüências, a metodologia foi aplicada na edificação escolhida.

Por fim, foi feita uma análise e sugestões finais dos principais obstáculos encontrados no caso de estudo e sobre suas inadequações ao contexto habitacional do país no processo de obtenção do selo energética.

1.6 – Estrutura do trabalho

O trabalho é constituído por 6 capítulos:

O capítulo 1 apresenta uma introdução do tema, o objetivo geral e objetivos específicos, a justificativa, os procedimentos metodológicos e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 aborda os parâmetros do consumo energético e económico. Neste, retrata-se a problemática da utilização da energia, quer a nível da CEDEAO, quer a nível nacional e também a temática da caracterização social cabo-verdiana e apresentam-se os perfis de maiores consumos domésticos.

O capítulo 3 aborda a eficiência energética em edifícios e os principais aspetos que a afetam, tais como, as características do edifício, o recurso, a orientação, a caracterização e potenciais de poupança dos equipamentos da habitação e iluminação

O capítulo 4 analisa os métodos de certificação energética dos edifícios AQUA e LEED, apresentando os seus parâmetros de classificação, conceitos e procedimentos específicos de

certificações energéticas para residências, e estudar os critérios de aplicação para o caso de estudo.

O capítulo 5 apresenta a análise dos resultados do caso de estudo e a aplicação das certificações LEED e AQUA apresentadas no quarto capítulo.

O capítulo 6 apresenta as considerações finais gerais obtidas, por meio das análises realizadas no capítulo anterior.

Capítulo 2 – Parâmetros dos consumos energéticos e económicos

O presente capítulo aborda a temática dos consumos energéticos, quer a nível da CEDEAO, quer a nível nacional. Esta abordagem permite conhecer o padrão de consumo nacional face ao padrão da região da CEDEAO, possibilitando a análise das suas principais diferenças.

2.1 – Consumo Energético – Panorama CEDEAO

A Agência Internacional da Energia (AIE) estima que a procura de eletricidade na África subsariana cresceu cerca de 35% entre 2000 e 2012, tendo atingido os 352 TWh, e prevê a subida da procura total de eletricidade em África a um ritmo médio de 4% por ano até 2040. A maioria dos países da região da africa subsariana tem índice de acesso a eletricidade de cerca 20% e duas em cada três pessoas não tem acesso a serviços energéticos modernos [5].

O consumo final total de energia para a região da CEDEAO alcançou os 5687 peta joules (10^{15}) em 2010, representando cerca de 35% do total para a África subsariana. Em toda a região, os recursos tradicionais de biomassa tais como a lenha e o carvão desempenham um papel chave na satisfação das necessidades energéticas básicas. Estados-membros da CEDEAO enfrentam o aumento dos custos com a energia, incertezas e imprevisibilidade no fornecimento, e um aumento na procura por serviços energéticos. Em muitos Estados-membros, as grandes redes de energia apenas fornecem eletricidade às grandes cidades, deixando as áreas rurais e periurbanas sem eletricidade. De uma forma geral, cerca de 85% daqueles que não têm acesso à eletricidade vivem nas zonas rurais, na CEDEAO, estima-se que as populações rurais que têm acesso a eletricidade variam dos 70% em Cabo Verde e apenas 1% na Guiné e Serra Leoa. Na Figura 1, pode-se observar as taxas de acesso à energia dos estados-membros na CEDEAO [6].

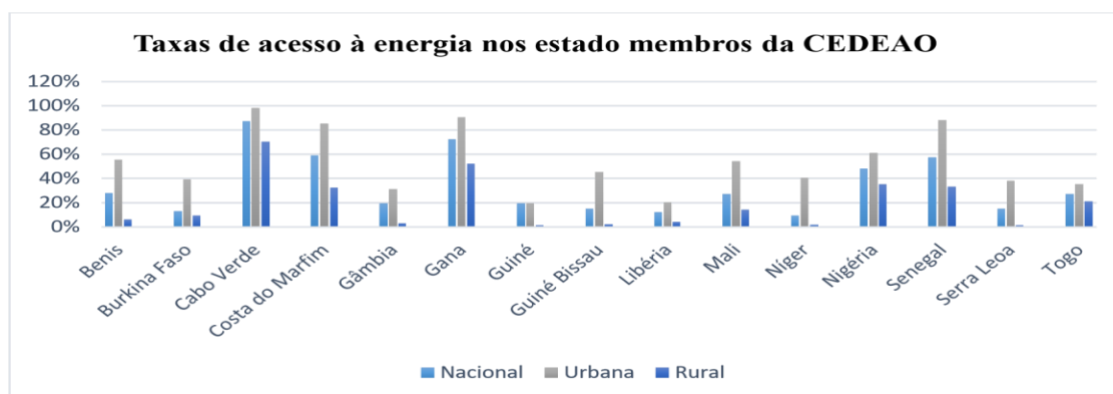


Figura 1 - Taxas de acesso à energia nos estados-membros da CEDEAO. Fonte [6]

Nas economias de baixo rendimento, o setor doméstico tende a consumir grande fatia do consumo energético, por exemplo no Níger, as famílias consomem aproximadamente 90% da energia produzida. A energia é usada para satisfazer diversas necessidades, na Gâmbia, e em grande parte da região, o principal uso doméstico da energia foi para o aquecimento da água, preparação de alimentos (preparação de chá, assar carnes, aquecer alimentos), secar peixes, frutas e vegetais e ainda passar a ferro. Noutros Estados-membros, o consumo está distribuído por outros setores económicos. O sector doméstico do Gana consumiu, em 2012, 38,8% da produção, enquanto os transportes representaram 38,9% e a indústria aproximadamente 20% [7].

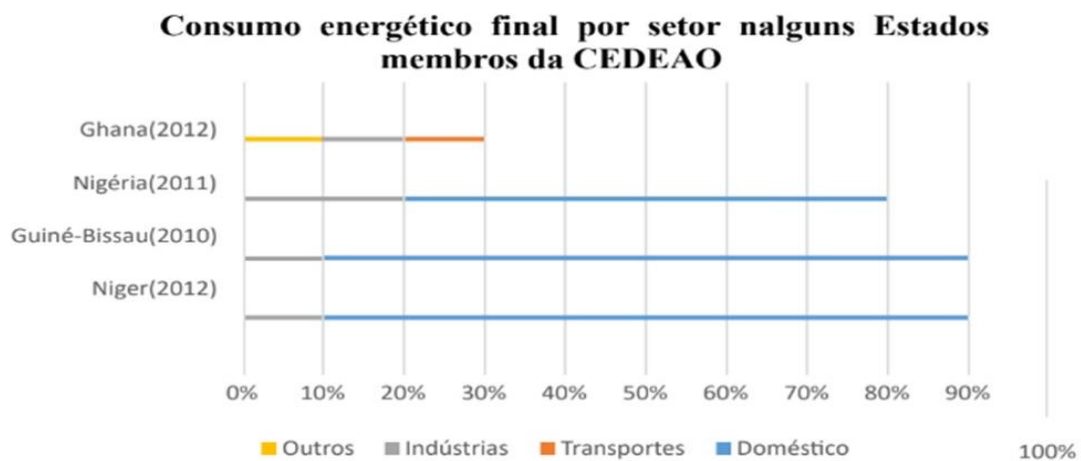


Figura 2 - Consumo energético final por setor nalguns Estados-membros da CEDEAO. Fonte [7]

De um modo geral, os edifícios representam 30% a 40% da procura por energia. São também dos maiores consumidores setoriais de eletricidade, com 42%. Com uma população em rápido crescimento, a taxa de urbanização de 3,5% por ano (a mais elevada no mundo em desenvolvimento durante as últimas duas décadas), e um crescimento económico previsto, prevê-se um aumento da procura por energia por parte dos edifícios em África. Os edifícios acolhem um conjunto de produtos consumidores de energia, incluindo a iluminação, climatização, refrigeração e equipamentos elétricos. Edifícios bem concebidos e construídos pode significar uma redução do uso da energia [7].

Apenas três Estados-membros da CEDEAO, Senegal, Nigéria e Gana já criaram programas nacionais para a eficiência energética no sector da construção, embora haja esforços para se desenvolver este setor noutros pontos. Estes programas visam, principalmente, a avaliação do uso da energia nos edifícios e aumentar a eficiência na construção através do desenvolvimento de códigos de construção. O Benim surge como líder na introdução de eficiência nos edifícios.

O Ministério da Energia e Águas do país iniciou um programa de elaboração de códigos de construção energeticamente eficientes para edifícios administrativos: escritórios, hospitais, escolas e casernas militares. O programa analisou os impactos dos vários materiais de construção (isolamento, iluminação, etc.) para identificar normas para redução do consumo de energia. O Benim já identificou o potencial de poupança energética de 35% através da adoção de códigos de construção energeticamente eficientes [6].

2.2 - Consumo Energéticos – Panorama Nacional

A energia consumida em Cabo Verde é maioritariamente constituída por derivados do petróleo - gás butano, gasolina, petróleo, gasóleo, fuelóleo e JET A1. A biomassa utilizada na cocção, e a energia solar e a energia eólica utilizada na produção de eletricidade, são as formas endógenas e primárias de energia consumidas em Cabo Verde [2].

A escassez de recursos fósseis a nível nacional conduz a uma elevada dependência energética do exterior, nomeadamente das importações de fontes primárias de origem fóssil. Importa assim aumentar a contribuição das energias renováveis: eólica, solar e biomassa, para promover a diminuição dessa dependência.

Segundo relatório de conta da Electra, o consumo de fuelóleo para produção de eletricidade tem vindo a aumentar, a Figura 3 apresenta os consumos de 2013 a 2017 [8] [9].

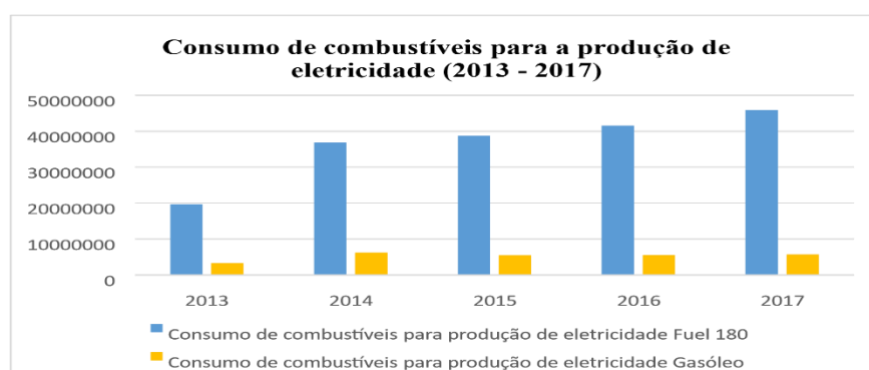


Figura 3 - Consumo de combustíveis para produção de eletricidade (2013- 2017). Fonte [8] [9].

Com a introdução do fuelóleo e substituição do gasóleo nas ilhas principais, a eficiência melhorou ligeiramente. Mas, a ação combinada desta substituição e da introdução de mais fontes renováveis, levou a que houvesse uma quebra na procura total de gasóleo e, em menor dimensão, do fuelóleo.

O Preço de combustíveis fósseis constitui um peso significativo no custo de energia elétrica representando cerca de 70% de estrutura de custo de preço de energia daí que a tarifa de eletricidade aumenta constantemente em linha com a inflação do preço de petróleo bruto.

A localização remota e a dependência de combustíveis importados com grande volatilidade dos preços, deixa as ilhas com preços de combustíveis maiores que no continente, a dependência de combustíveis fósseis continua a ser uma grande preocupação e deve ser analisada quer do ponto de vista das causas quer das alternativas viáveis para todas as ilhas. Outra parcela que têm influência no custo de eletricidade é o aumento rápido de potência instalada, que requer investimento adequado para a solicitação da demanda energética, aumentando assim o custo de produção que reflete na tarifa de energia elétrica [10]

No gráfico está ilustrada o aumento de potência instalada em Cabo Verde de 2012 à 2016.

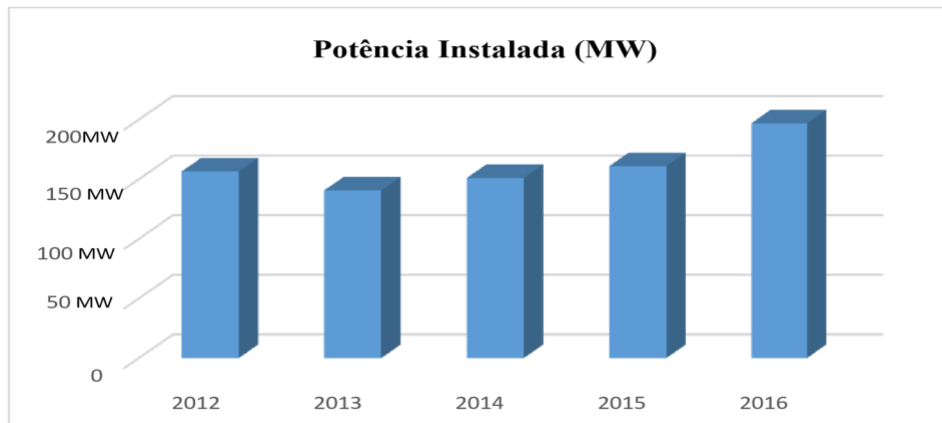


Figura 4 - Evolução da Potência Instalada em Cabo Verde. Fonte [10]

Segundo relatório de contas da Electra, no ano 2016 a empresa produziu 395.223MWh de energia elétrica e entregou na rede 88,2%, onde 7,7% e 3% correspondem a produção de água dessalinizada e consumo internos respetivamente, incluindo a energia renovável adquirida junto dos produtores independente, a energia total entregue na rede é de 348.600MWh com uma penetração de energia renováveis de cerca de 19%. Em relação ao ano de 2015 registou se um aumento de energia entregue na rede à distribuição de 4,4%. Nos últimos dez anos o consumo de energia elétrica total no país registou um crescimento médio superior a 8% anual, em valor absoluto o consumo de eletricidade cresceu de 330,1 GWh em 2010 para 395,2 GWh em 2016 o que representa um crescimento de 19,7% [10].

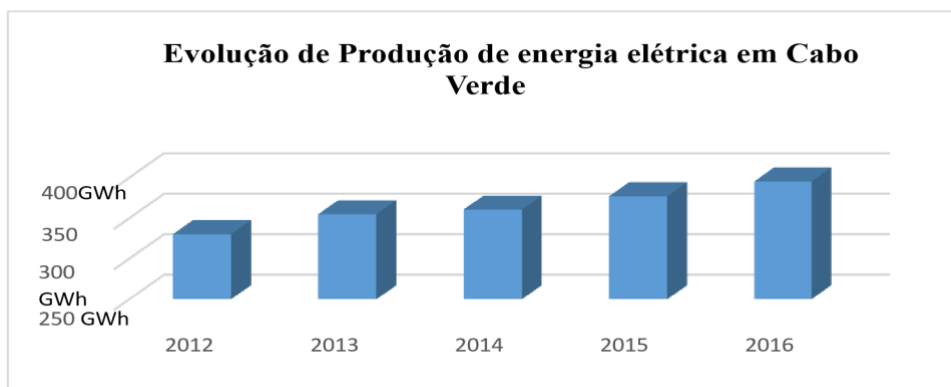


Figura 5 - Evolução de produção de energia elétrica em Cabo Verde. Fonte [10]

O consumo de eletricidade em Cabo Verde tem um perfil típico em todas as ilhas, onde apresenta a mesmo diagrama de carga com ligeiras diferenças em algumas horas uma vez que possuem as mesmas culturas e hábitos de consumos. O maior consumo se da no período das 19:00 as 21:00, a Figura seguinte mostra perfil de carga típica num dia comum e um final de semana comum da ilha de Santiago.

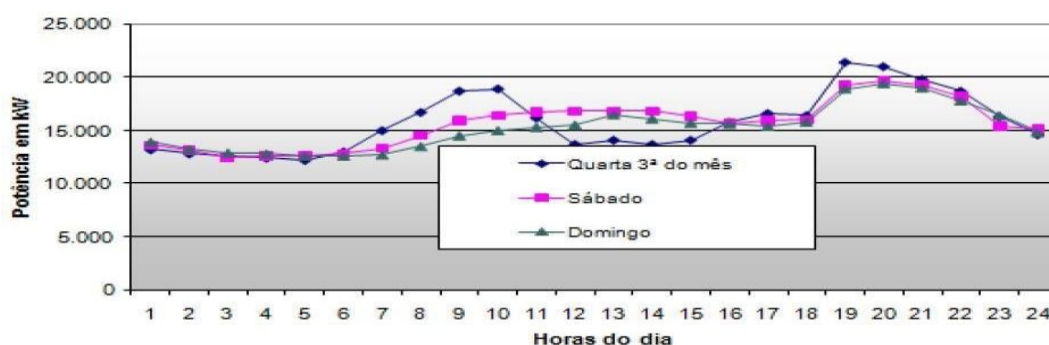


Figura 6 - Diagrama de carga da ilha de Santiago. Fonte [10]

Uma análise sobre o comportamento da sociedade, a nível dos seus consumos energéticos permite saber, à partida, quais os perfis com maiores consumos, bem como a razão para que isso aconteça.

O sector residencial é o principal consumidor de energia elétrica com 49% da demanda. O sector publico inclui as vendas de energia do governo central e dos municípios que juntos representam 10,5% das vendas totais, as instituições sociais e organizacionais representam com 1,8 no bolo do consumidor que esta ilustrada no gráfico da figura 6 [4].

Distribuição de consumo de eletricidade por sector

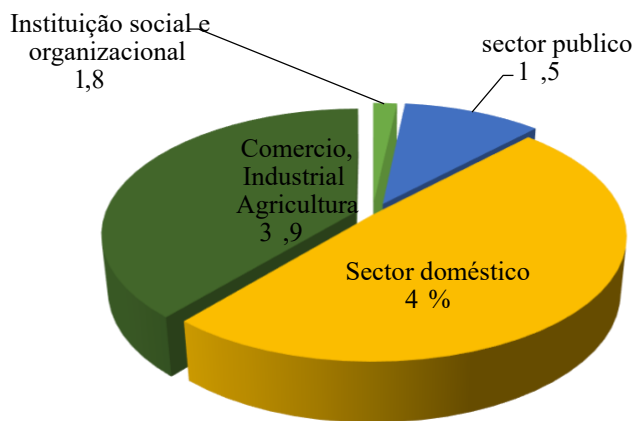


Figura 7 - Distribuição de consumo de eletricidade por sector. Fonte [4]

O consumo de eletricidade assume um papel muito relevante no setor doméstico, dado que a maioria dos equipamentos presentes nas habitações requer esta fonte de energia, existindo uma evidente dependência da mesma na sociedade atual [2].

2.3 – Potência contratada

A potência contratada é controlada com recurso a um disjuntor regulado para essa potência. Quando a soma das potências dos aparelhos que estão ligados em simultâneo excede a potência contratada, o disjuntor interrompe automaticamente a corrente elétrica. Este disjuntor protege ainda a instalação elétrica contra sobre carga [11].

Sempre que se adquire um novo equipamento, deve-se ter em conta, além do investimento de aquisição, o seu custo de utilização e o tempo de vida útil. Para iguais períodos de utilização no tempo de vida útil dos equipamentos, há que comparar os custos associados aos seus consumos energéticos. O custo inicial de um equipamento representa apenas uma fração do seu custo total durante todo o seu tempo de vida [12].

2.4 – Caracterização social nacional da utilização de energia no sector residencial

O consumo energético nas habitações depende fortemente dos hábitos de consumo dos residentes. É neste sentido que se tem vindo a debater a temática da energia e a sua relação com algumas variáveis sociais, de modo a tentar compreender os comportamentos e opções quotidianas dos cidadãos, constituindo esta relação, um ponto de partida na diminuição dos consumos energéticos.

Por vezes, a pouca eficiência e “cuidado” do consumidor não está somente relacionada com fatores económicos, mas sim com outro tipo de fatores, tal como a região em que habita, o

número de pessoas ativas numa habitação, entre outros. Assim, atualmente, quando se pretende realizar um estudo sobre a avaliação e a otimização de energia no sector.

Os gastos com a habitações é o segundo maior das despesas dos cabo-verdianos, responsável por 26,3% das despesas familiares, atrás apenas dos gastos com a alimentações e bebidas não alcoólicas que representa 28,1% conforme o relatório anuário da INE-CV 2016.

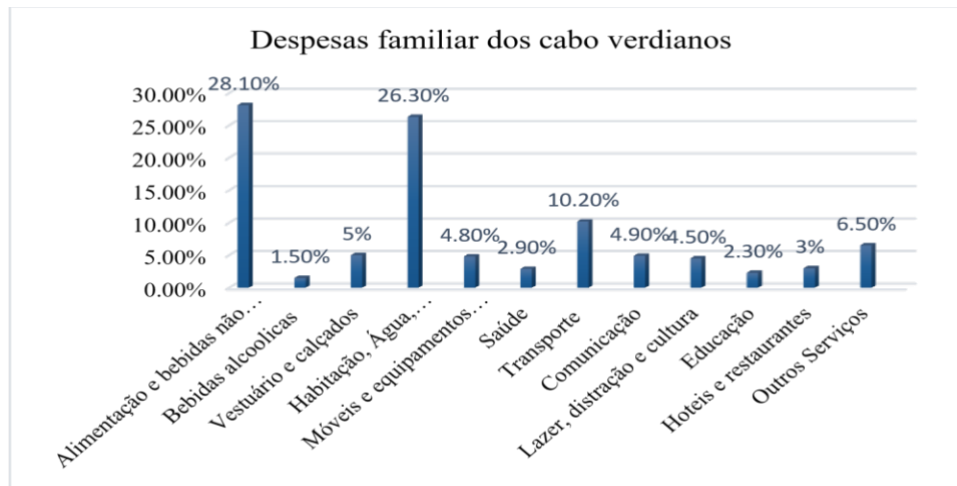


Figura 8 – Despesas familiares dos cabo-verdianos. Fonte [13]

As despesas com a habitação, incluem todos os gastos relacionadas com água, eletricidade, gás ou outros combustíveis, seguros, saneamento, pequenas reparações bem como as rendas.

Segundo relatório do INE no ano 2016, as despesas de consumo de bens e serviços dos 127.333 agregados familiares cabo-verdianos foi cerca de 85 milhões de contos, montante equivalente a uma despesa média anual por agregado de 667.291 escudos e de 166.216 escudos por pessoas, no agregado. Na Figura seguinte apresenta as despesas anual individual em todos os concelhos.

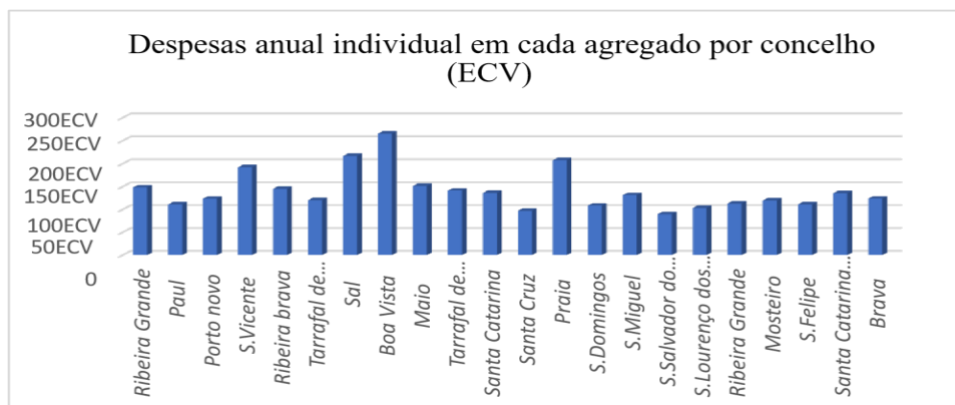


Figura 9 - Despesas anual individual em cada agregado por conselho. Fonte [13]

Capítulo 3 - Eficiência energética nos edifícios

No presente capítulo refere-se as diversas características que abrangem a eficiência energética em edifícios. Vai desde as características exteriores do edifício, até aos equipamentos que integram o seu interior, realiza-se uma abordagem generalizada de vários fatores que afetam o desempenho dos edifícios residências, tanto exterior quanto interior, no sentido de se conhecer melhores práticas e ainda os seus potenciais de poupança.

3.1 – Características exteriores dos edifícios

Um edifício que tenha sido projetado e construído sem ter em conta as condições climáticas do local onde seria implementado não pode ser considerada um edifício eficiente em termos energéticos, as questões de confortos de um edifício têm sido resolvidas através de sistemas artificiais de controlo de ambientes, ignorando as características climáticas do local onde o edifício se encontra. No caso da compra de uma habitação, a verificação destas características fornece pistas muito importantes no sentido de perceber quais os custos futuros em energia da habitação [14].

Um edifício eficiente é aquele que incorpora estratégias técnicas de construção, desing inteligente e tecnologias inovadoras para alcançar maior desempenho sustentável, que utilizam o sol, vento, vegetação, etc., para proporcionar conforto térmico e visual adequado dentro do mesmo. Numa fase inicial do projeto de forma a maximizar o potencial de poupança de energia, tendo em consideração as condições climáticas e abrangendo os seguintes princípios:

- Reter calor no inverno e libertá-lo no verão;
- Remoção de calor dos edifícios no verão através de técnicas de refrigeração passiva;
- Proteção contra radiação solar incidente no verão, usando sombreamento e construção de fachadas apropriadas;
- Uso de energia solar para aquecimento no inverno e iluminação natural;
- Melhorar o microclima em torno do edifício e melhorar ou contruir ambientes favoráveis;

3.1.1 - Orientação e a captação do sol

A radiação solar é uma variável de grande importância para os edifícios, no inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior e no

verão constitui uma fonte de calor a evitar, precisamente para impedir o aumento da temperatura no interior nos edifícios.

Segundo estudos dos recursos solares, elaborado no âmbito do Plano Energético Renovável, em Cabo Verde mais de metade do território simulado apresenta um potencial de mais de 3750 horas de sol por ano [15].

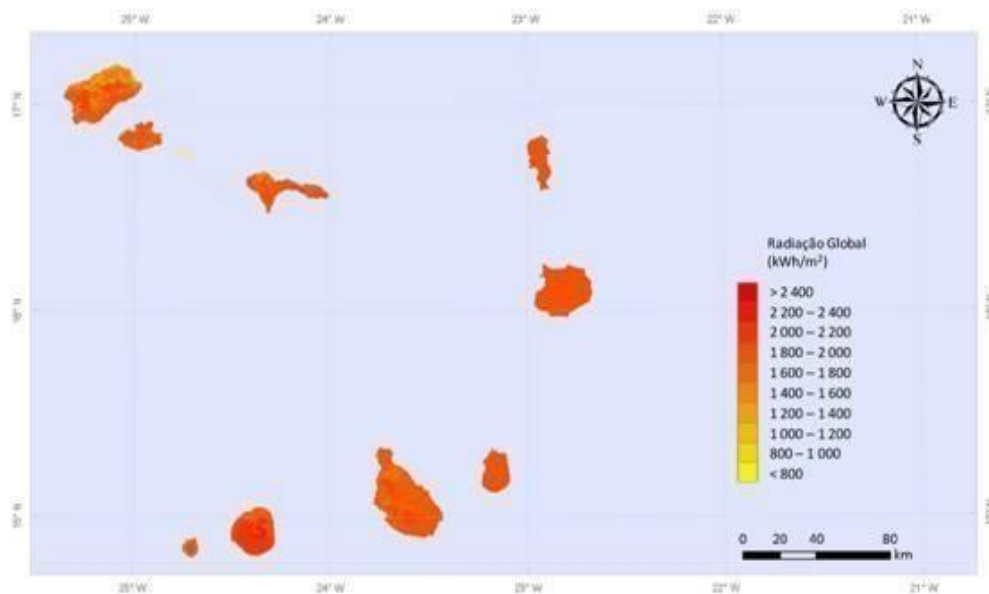


Figura 10 - Radiação global nas ilhas de Cabo Verde. Fonte [15]

A seleção do lugar, a forma e a orientação do edifício são as primeiras opções a considerar para a otimização da exposição ao trajeto solar e aos ventos dominantes.

“Em termos de forma do edifício, a configuração e o arranjo dos espaços internos, de acordo com a função, influenciam a exposição à radiação solar incidente, bem como a disponibilidade de iluminação e ventilação natural. Para as pequenas e médias construções, esta situação oferece vantagens para o controlo de trocas de calor através da envolvente do edifício” [14].

Cabo Verde tendo um clima seco, é essencial que a implantação das casas tenha em consideração o regime de ventos, para uma ventilação eficiente e consequente melhoria do conforto na habitação. Nas regiões montanhosas, as habitações devem ser implantadas nas zonas mais baixas da montanha e acima do leito das ribeiras, onde circula mais o ar. Deve privilegiar se o lado da encosta que beneficia de mais horas de sombra. No litoral, as fachadas voltadas para o mar devem ser protegidas por alpendres de dimensões generosas, para diminuir

o impacto do reflexo do sol sobre o mar no interior das habitações. Os arranjos exteriores são essenciais para proteger o interior dos ganhos solares excessivos [16].

3.2 – Características das construções

O conforto interior de um edifício depende muito do tipo de matérias utilizadas na construção envolvente. Com isso, a inércia térmica do material e o seu poder isolante são as principais variáveis a ter em conta, relativamente aos ganhos e perdas energética. Um edifício mal isolado apresenta maiores custos com os equipamentos de climatização, deste modo, a seleção de bons materiais de isolamentos de paredes, coberturas e pavimento, possibilita a redução desses custos.

3.2.1 - Sombreamento

Com um bom nível de sombreamento podem se dispensar o uso de ar condicionado, ou reduzir o seu uso a níveis mínimos, mesmo em climas muito quentes. Deste modo, torna-se fundamental que as janelas, mas também as paredes e os tetos beneficiam o mais possível de sombras, isso permite baixar vários graus centígrados as temperaturas exteriores e, conseqüentemente, os interiores.

Para tal, há que equacionar questões como a orientação do edifício e a profundidade dessas estruturas e a altura do sol no horizonte ao longo das estações do ano. Se elas forem excessivamente profundas limitam a possibilidade de ganhos de calor solar no inverno, o que é problemático em muitos climas. Se elas se situarem a Oeste ou a Este também não poderão projetar sombra sobre as janelas, no período quente [17].

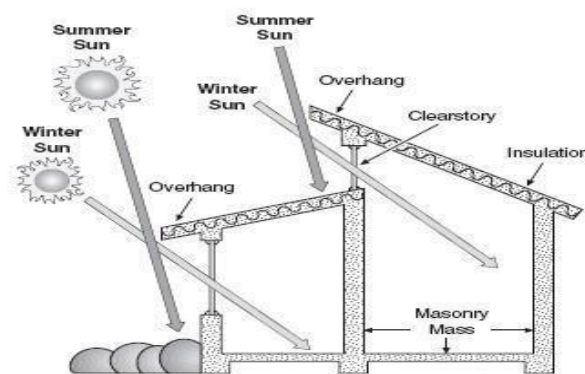


Figura 11 - Orientação dos edifícios. Fonte [18]

Como mostra a Figura 11, a posição baixa do sol viabiliza ganhos solares no inverno, mas no verão, quando o sol está alto no horizonte, as varandas do piso superior projetam sombra sobre as janelas, aumentando o conforto da casa e reduzindo os gastos de ar condicionado.

Em climas quentes, como é o caso de Cabo Verde, nestes climas, há também que recorrer a meios que facultem ou contribuem para baixar as temperaturas nos exteriores como, arbustos, arvore, relva, e também sistemas de proteção solar como portados, persianas, venezianas, toldo, etc [19].

3.2.2 - Isolamento das paredes

Com um bom isolamento térmico das fachadas permite poupanças ao nível dos custos de aquecimentos e arrefecimentos, este pode ser aplicado pelo interior, na caixa-de-ar entre paredes duplas ou ainda pelo exterior dos edifícios, mas deve ser aplicado preferencialmente de forma contínua pelo exterior, com intuito de proteger o edifício e ainda garantir um aspeto estético agradável e fornecer conforto interno à habitação eliminando ponte térmicas. A Figura 4 mostra um modelo do sistema isolamento térmico pelo exterior.



Figura 12 - Ilustração de um modelo de isolamento térmico exterior. Fonte [20]

É evidente que este tipo de técnicas é quase desconhecido ou esquecido por parte dos construtores, talvez pelo facto de Cabo Verde ser um país quente, mas é um equívoco, pois a principal vantagem do isolamento térmico pelo exterior reside na eliminação de pontes térmicas, e isto oferece um ambiente mais confortável e uma melhor conservação do edifício, protege o edifício contra dos ganhos de calor durante os períodos mais quentes, e melhora o conforto térmico durante todo o ano. Além disso este pode evitar a infiltração de ar quente nas

paredes, reduzindo os problemas de condensação em superfícies em que as zonas possuem climas mais húmidos, que é um problema verificado na maioria das casas, principalmente nas épocas das chuvas. Deste modo, a casa será mais saudável e a degradação física das superfícies tornar-se-á muito mais lenta.

3.2.3 - Cor do revestimento

No exterior do edifício a cor da fachada pode influenciar no seu grau de conforto térmico. A radiação que incide na superfície de um edifício pode ser absorvida ou refletida para o ambiente, pelo material que a integra. A parte que é absorvida contribui para o aumento da carga térmica que passa para o interior do edifício, promovendo o seu aquecimento. Em países quentes como Cabo Verde, as cores claras, principalmente o branco são muito indicadas, pois refletem os raios solares minimizando ganhos de calor para o interior, além de minimizar o microclima urbano.

Para cálculo de desempenho térmico de paredes e coberturas, sempre é considerada a cor da superfície, as cores claras possuem menor absorvidade às radiações, verifica-se que grande parte das habitações não é pintada exteriormente, pelo que apresenta o escuro do betão ou dos blocos de cimento. Isto faz aumentar a absorção da radiação solar e, e isto conduz a desconforto térmico ou maiores gastos energéticos. As paredes internas de cores claras podem melhorar os níveis de iluminação natural, reduzindo assim a necessidade de luz artificial e aberturas com maiores áreas, que também conduzem a um maior aquecimento térmico por isolamento [21].

3.2.4 - Coberturas

Para além das paredes da envolvente, é também pela cobertura que se processa uma grande parte das perdas energéticas existentes, sendo mesmo as superfícies da envolvente que mais contribuem para as perdas de calor num edifício. Por este motivo, o isolamento térmico de uma cobertura deve constituir uma das intervenções prioritárias com vista à diminuição das necessidades energéticas, sendo uma medida simples e pouco dispendiosa. [18]

A cobertura é ainda mais vulnerável à radiação solar do que as fachadas, pois é mais difícil conseguir o seu sombreamento. Neste sentido, é muito importante apostar num correto isolamento térmico da cobertura, utilizando materiais com elevada resistência térmica e sistemas que reduzem a captação da radiação solar [22].

Em Cabo Verde é muito popular o uso de laje em betão armado nas coberturas dos edifícios (Figura 13), envolve o uso de materiais maciços (pedras basálticas, blocos de cimento, betão armado), o que controlam inércia térmica aos edifícios.

Por outro lado, as coberturas inclinadas revestidas em telha cerâmica, típicas dos edifícios da época colonial, são consideradas uma boa solução para as regiões com elevados níveis de radiação solar, como é o caso de Cabo Verde.

No entanto, constata-se que grande parte das coberturas dos edifícios coloniais necessita de ser reabilitada. Uma boa solução para Cabo Verde é a integração de subtelha na reabilitação de coberturas inclinadas.



Figura 13 - Cobertura a laje maciça. Fonte [23]



Figura 14 - Casas colónias, cidade velha. Fonte.[24]

Ainda em relação ao isolamento térmico para a cobertura, existem as barreiras radiantes. Estas são também conhecidas como SUB coberturas e são constituídas por produtos reflexivos, como a chapa de alumínio, podendo ser instaladas em cavidades [23].

3.2.5 - Coberturas verdes

As coberturas verdes são espaços verdes construídos sobre os edifícios, destinadas a serem utilizadas como áreas de plantação com fins recreativos, estéticos e ambientais. Na maioria das regiões urbanas, os recursos como o dióxido de carbono das emissões dos veículos, água da chuva e da luz solar são muitas vezes desperdiçados ou considerados “poluentes”.

Através da reintrodução de plantas nas paredes e telhados de edifícios, pode - se começar a reconstruir alguns do equilíbrio perdido no ecossistema urbano e utilizar os recursos desperdiçados.

O ato de tornar o edifício nas regiões urbanas mais verde, também pode ajudar a gerir melhor muitos dos resíduos que criamos no ar e na água e, assim, contribuir para a melhoria na saúde humana e do ecossistema [25].

Como se mostra na Figura 15 para além de se recorrer a soluções de coberturas mais tradicionais pode-se também recorrer a coberturas ajardinadas que se transformam em espaços de atenuação climática, funcionando como barreira de proteção da radiação solar.



Figura 15 - Coberturas Verdes. Fonte [25]

3.2.6 - Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados constituem grande parte da envolvente dos edifícios de habitação e, como estão em contato direto com o ambiente exterior, são propícios à ocorrência de grandes trocas de calor. Podem, por isso, representar uma parcela significativa na energia consumida pelos edifícios para aquecimento e arrefecimento.

As intervenções nos vãos das janelas devem ser projetadas com propósito de aumentar a captação de ganhos solares nos invernos, reforçar a proteção da radiação solar durante o verão e melhorar as condições de ventilação natural [26].

Para uso na construção em Cabo Verde, pode -se destacar o vidro duplo e os vidros de baixa emissividade. Os vidros duplos são bons isoladores, por isso podem reduzir significativamente os ganhos de calor.

Já os vidros de baixa emissividade alcançam a maior redução no ganho de calor, sendo que estes podem ser quase compactos à radiação infravermelha, reduzindo a transmissão de radiação solar a mais de 50%, sem reduzir os níveis de iluminação natural. Os vidros fumados e reflexivos para sombreamento devem ser evitados, pois trazem desvantagens em termos de iluminação natural, conduzindo ao uso de luz artificial, por isso é mais plausível utilizar um vidro translúcido com sombreamento adequado [27].

Os vidros fumados e reflexivos para sombreamento devem ser evitados, pois trazem desvantagens em termos de iluminação natural, conduzindo ao uso de luz artificial, por isso é mais plausível utilizar um vidro translúcido com sombreamento adequado. A Figura 16 apresenta um sistema envidraçado com dois panos de vidros.



Figura 16 - Sistema envidraçados com dois panos de vidros. Fonte [26]

Um clima quente, com grande incidência de radiação solar, como em Cabo Verde, é necessário evitar grandes vãos envidraçados nas fachadas, tendentes ao sobreaquecimento e ao uso de aparelhos de ar condicionado. Geralmente, a área de envidraçado não deve ultrapassar os 30% da área das fachadas a Norte e a Sul, considerando já que os vãos têm sombreamento adequado. Nas fachadas Estes e Oestes, este valor deve ser reduzido para um máximo de 20% [27].

Também há diversas intervenções simples de custo pouco significativo para se tornar as janelas mais eficientes, reduzindo assim as perdas por calor. Por exemplo, para reduzir a excessiva penetração de ar podem ser aplicadas tiras vedantes nas juntas das janelas ou injetar borracha de silicone nas fissuras. A instalação de cortinas em tecido pesado (evitando, contudo, instalar cortinas pesadas à frente de aquecedores e/ou radiadores) é outra forma de diminuir as fugas de calor.

De modo mais simples, apesar de existirem hoje em dia uma variedade de vidros e serem baratas, estes têm a propriedade de não deixar o ar interior passar para o exterior, por isso a utilização de fachadas de vidro pode causar grandes constrangimentos térmicos no interior dos edifícios nos climas mais quentes como Cabo Verde, o que depois leva irreversivelmente à utilização de ar condicionado, para arrefecer o edifício, o que irá implicar enormes gastos de energia elétrica, e o que na hora da compra e aplicação teve menores custos, a médio e longo prazo será exponencialmente mais caro, por isso esta é uma técnica importada que devia cair em desuso pois claramente não se adequa às propriedades climatéricas do país.

3.3 - Ventilação Natural

A ventilação natural contribui para a otimização do conforto ambiental e da qualidade do ar interior das habitações, contribuindo para a renovação do ar a uma taxa adequada. O entendimento da temperatura exterior ao longo do ano, a sua amplitude térmica, o conhecimento das condições do vento em torno do edifício, o seu padrão de velocidade e direção, são dados de extrema importância em virtude do papel que desempenha no estabelecimento de fluxos energéticos: perdas e ganhos térmicos e do potencial em termos de ventilação natural [14].

A ventilação natural dos espaços acontece por diferenças de pressão gerada por ação do vento nas fachadas dos edifícios e por alteração da densidade do ar por ação da temperatura, resultante do aquecimento decorrente das atividades desenvolvidas, do funcionamento dos aparelhos de aquecimento e dos ganhos solares dos vãos envidraçados, a Figura 9 exemplifica como o ar circula tanto horizontalmente como verticalmente em uma edificação.

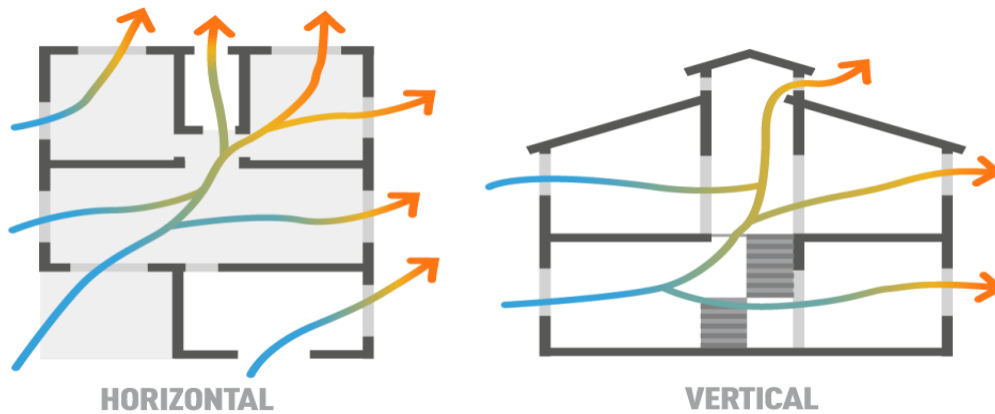


Figura 17 - Processo de ventilação nos edifícios. Fonte [28]

3.4 – Caracterização dos Equipamentos da Habitação

A caracterização do tipo de equipamentos elétricos que existe na habitação é de extrema importância visto que representa um grande potencial de poupança, caso haja uma correta utilização dos mesmos, ou mesmo a sua substituição. Sugere que 30% de economia no consumo energético no sector residencial com a transformação do mercado com eletrodomésticos energeticamente eficientes [4].

No gráfico abaixo mostra a utilização típica de energia no sector residencial através de eletrodomésticos.

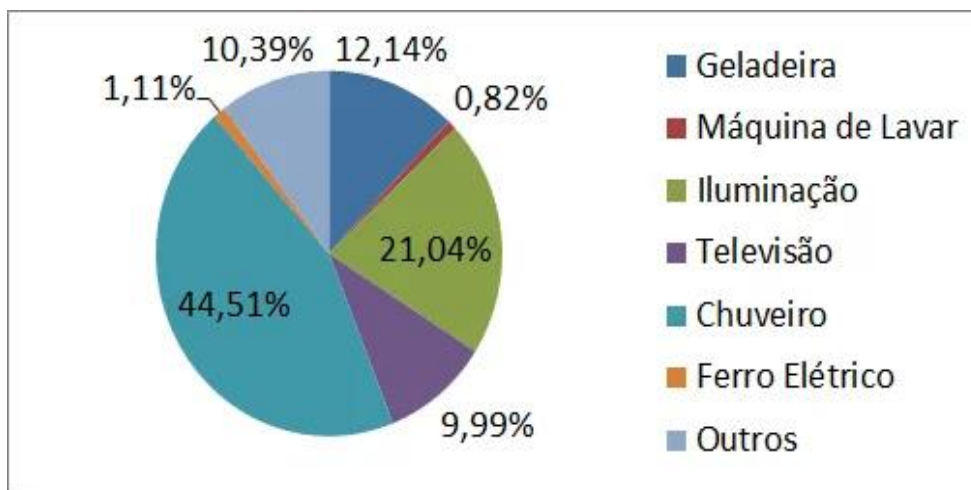


Figura 18 - Utilização típica de energia no sector residencial. Fonte [4]

Os equipamentos domésticos que apresentam maior potencial no que diz respeito ao consumo de energia são os equipamentos de frio (como os frigoríficos/combinados e congelador), a iluminação e os equipamentos audiovisuais.

Em Cabo Verde a maioria do eletrodoméstico no país é importado, a maioria vem de países europeus com maior participação de Portugal, seguido dos Países Baixos e Espanha [4].

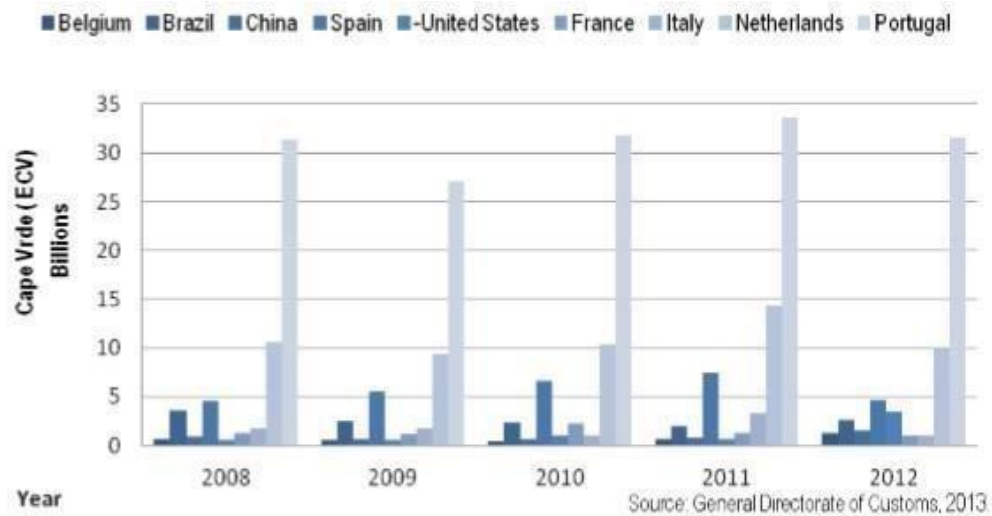


Figura 19 - Importações de eletrodoméstico por país de origem. Fonte [4]

3.4.1 - Etiquetagem energética

Atualmente, não existem padrões de desempenho energético para eletrodomésticos no país e nenhuma lei para impor importação de eletrodomésticos com eficiência energética.

Está em processo a implementação de um projeto intitulado “Projeto de eficiência energética nos edifícios e equipamentos”, de acordo com esse projeto cinco eletrodoméstico são selecionados para o programa de etiquetagem inicial: aparelhos de ar condicionado, aquecedor de água, televisores, lâmpadas e frigoríficos onde foram analisados os dados de consumos desses equipamentos. Na Tabela 1 são apresentadas suas horas de utilização por ano, o consumo anual de energia.

Para cada um desses equipamentos foram estudadas informações sobre o volume de vendas e uso dos eletrodomésticos. Alguns dados estatísticos utilizados para a projeção baseiam-se numa pesquisa realizada pela equipa nacional e informação fornecida pela DG das Alfândegas.

Tabela 1 - Consumo de energia por estimativa de eletrodoméstico. Fonte [4]

Produto	Média de uso de energia (Wh)	Uso diário (horas/dia)	Uso anual (dias/ano)	Uso por unidade por ano (kWh/ano)
Ar Condicionado	3000	4	269	3228
Frigorífico/Arca	200	24	365	1754
Aquecedor de água	1500	1	365	548
Televisores	120	6	365	263
Lâmpadas	60	4	365	88

- **Ar condicionado**

O volume de importação de ar condicionado mostra um crescimento gradual durante a última década. De acordo com Instituto Nacional de Estatística, cerca 2,4% das famílias estão na posse de aparelhos de ar condicionado, as marcas mais vendidas no país são LG, Norm, Fairline, Orima e WestPoint [29].

- **Frigorífico/Arca**

O volume de importação de frigoríficos está a aumentar com uma taxa de crescimento anual de quase 4%. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE) em 2010 quase 59% das famílias possuíam frigorífico e 10,4% arca, as marcas mais vendidas no país são Tropicool e LG seguidas por Samsung, West Point, Radiso, Whirlpool, e outras [29].

- **Televisores**

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE) em 2010 aproximadamente 74% das casas no país têm televisores, as marcas mais vendidas no país são Samsung e OLG seguidas por Crown, Sharp, e Grundig [29].

- **Lâmpadas**

As lâmpadas são importadas em grande quantidade no país com uma taxa de crescimento anual de 1,1%. O consumo médio de energia para cada lâmpada é de aproximadamente 87 kW / ano.

O crescimento no volume de importação desses eletrodomésticos mostra claramente a crescente demanda do mesmo. A combinação do aumento da população, e uma economia estável e melhoria da acessibilidade vai aumentar a demanda por eletrodomésticos como aparelhos de ar condicionado, aquecedores de água, etc. O gráfico da Figura 20 mostra consumo energético cumulativo de eletrodomésticos por cada categoria de 2004-13 [4].

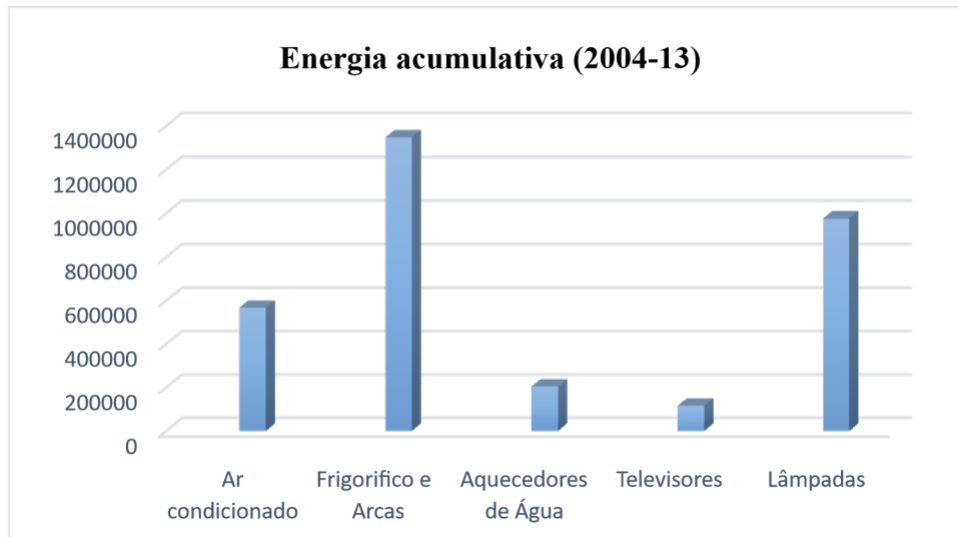


Figura 20 - Energia acumulativa por aparelho (2004-13). Fonte [4]

Capítulo 4 – Certificação energética dos edifícios

Este capítulo visa num primeiro momento apresentar o que atualmente há de mais significativo em termos de certificação energética nacional quanto à eficiência em edificações, e num segundo momento estudar as certificações AQUA e LEED que serão utilizados para o caso de estudo, apresentando os seus parâmetros de classificação, conceitos e procedimentos específicos de certificações energéticas para residências, e identificar os critérios de aplicação para o caso de estudo.

4.1 – Certificação energética em Cabo Verde

Em Cabo Verde está em processo a implementação de um projeto intitulado “Projeto de eficiência energética nos edifícios e equipamentos” (PEEE). O Projeto se enquadra no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e tem como objetivos excluir obstáculos para a promoção da EE nos edifícios e nos equipamentos elétricos e eletrônicos, através da criação de quadro legal e institucional favorável, sensibilização, educação, informação e disseminação de boas práticas, permitindo a criação de um mercado de EE e consequente redução do consumo de energia e diminuição da emissão dos GEE.

Destina-se ao desenvolvimento do Sistema Nacional de Certificação Energética em que visa estabelecer o enquadramento legal, regulamentar e operacional dos requisitos de desempenho energéticos dos edifícios, de alguns equipamentos e de instalações produtivas, assim como das condições em relação à implementação e utilização de sistema de energias renováveis. As normas e procedimentos ao processo de certificação serão desenvolvidos pelo Instituto de Gestão da Qualidade e Propriedade Intelectual (IGQP), em parceria com a Direção Geral de Energia (DGE). Para além da IGQP e DGE prevê-se a criação de instituição de uma Agência Insular de Energia que será o principal instrumento de intervenção e dinamização de atividades e mudanças comportamentais, que conduzam a uma melhor gestão do consumo e da produção de energia. Atualmente, os respetivos municípios são responsáveis como órgãos reguladores pela supervisão da atividade de construção civil no país [4].

Segundo o PEEE Cabo Verde necessita de um quadro jurídico sólido para eficiência energética em edifícios e eletrodoméstico. Há pouco incentivos em termos financeiro, para as empresas de construção civil, ou instituições públicas para investirem em eficiência energética. Por outro lado, existe pouca capacidade técnica e experiência no seio de profissionais, com aptidões e conhecimento necessários para levar a projetos de arquitetura de energia eficiente.

4.2 – Certificação e Selos Verdes

A certificação é uma ferramenta voluntária que presta assessoria no planeamento e desenvolvimento de soluções sustentáveis para as edificações. O recebimento desses selos também é uma forma de fazer com que os usuários, clientes e a população, em geral, tenham reconhecimento da própria edificação, estimulando a conscientização sobre os problemas ambientais enfrentados no cenário atual como também a procura por novas construções verdes.

O maior desafio tem sido buscar soluções que propiciem um ambiente construído com conforto e segurança, com menor impacto ambiental e maximizando os benefícios para a sociedade como um todo (não apenas usuários diretos, mas também os indiretos como os trabalhadores e vizinhos). A criação de novas soluções tecnológicas que reduzam o impacto da construção, sua utilização, operação e manutenção, surge em grande quantidade, atendendo desde residências, edifícios comerciais, até hospitais, prisões e revitalização de comunidades inteiras [30].

Os países estão realizando estudos e pesquisas a fim de estabelecer sistemas de avaliação que atendam as necessidades específicas de seus respectivos setores de construção civil local, como os aspetos culturais, econômicos e ambientais. Outra maneira que os países vêm adotando é a introdução de uma organização já estabelecida para as peculiaridades de uma determinada região, somente fazendo as adaptações necessárias.

Existem diversos programas pelo mundo que avaliam e auxilia, com seus métodos e perspectivas divergentes, o quão um edifício pode ser sustentável-mente projetado. BREEAM (Building Research Establishment and Environmental Assessment Method - Reino Unidos), LEED (Leadership in Energy and Environmental), AQUA (Brasil) e Líder A (Portugal). Os indicadores BREEAM e LEED são os selos mais reconhecidos e utilizados mundialmente, sendo ambos desenvolvidos no início da década de 1990, dando origem a novas certificações [30].

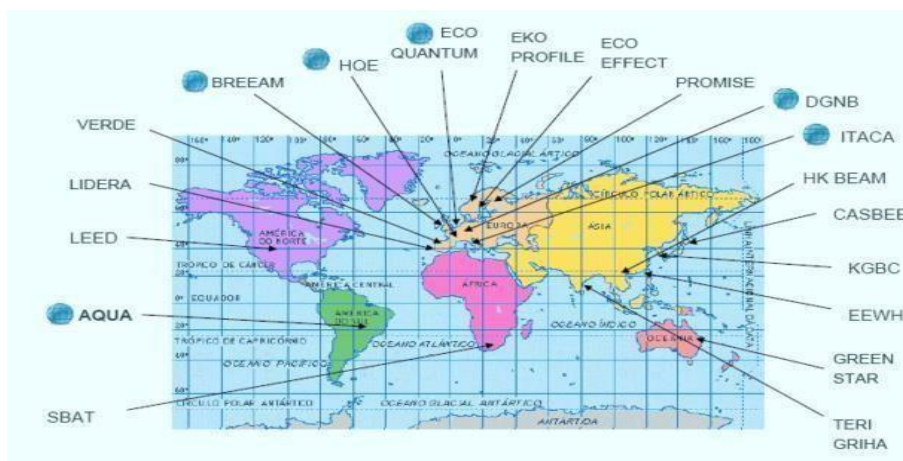


Figura 21 - Selos de certificação dos edifícios no mundo. Fonte [31]

4.3 – Certificação AQUA

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) seria um processo de certificação que é a versão brasileira adaptada do HQE (França) que define a qualidade ambiental, segundo a associação HQE, como “qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e são” [32].

A Fundação Vanzolini foi a responsável pela implantação do processo AQUA no Brasil. Esse processo de certificação tem como objetivo garantir uma boa qualidade ambiental de um determinado empreendimento recém-construído ou reabilitação utilizando-se de auditorias independentes (atividade que utiliza procedimentos técnicos específicos com a finalidade de atestar a adequação de um ato ou fato com o intuito de lhe atribuir confiabilidade) [32].

4.3.1 – Categoria AQUA

O processo de certificação é estruturado em torno dos aspetos relacionados a implementação do sistema de gestão ambiental, adaptação do ambiente a sua envolvente e ambiente imediato e informações transmitidas pelo empreendedor aos usuários. A obtenção do desempenho ambiental tem como fundamento o conceito de que um dos métodos mais confiáveis de obter tal desempenho passa pelo apoio de uma organização eficaz e rigorosa do empreendimento [32].

Desta forma o referencial técnico de certificação estrutura-se em dois elementos:

- SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento), avalia o sistema de gestão ambiental implementado;
- QAE (Qualidade Ambiental do Edifício), avalia o desempenho arquitetónico e técnico do edifício

A certificação é concebida ou não ao empreendimento, não havendo níveis intermediários. O sistema é baseado em desempenho, sendo classificado em três níveis: Bom (práticas correntes, legislação), Superior (boas práticas) e excelente (melhores práticas). Para se obter a certificação é exigido que um número mínimo de 3 categorias classificado como excelente, enquanto não poderá haver mais de sete itens classificados como Bom. Uma peculiaridade do sistema é que o padrão mínimo de exigência remete ao que está normalizado e regulamentado.

O gráfico da Figura 22 ilustra estas exigências necessárias a concessão da certificação [32].

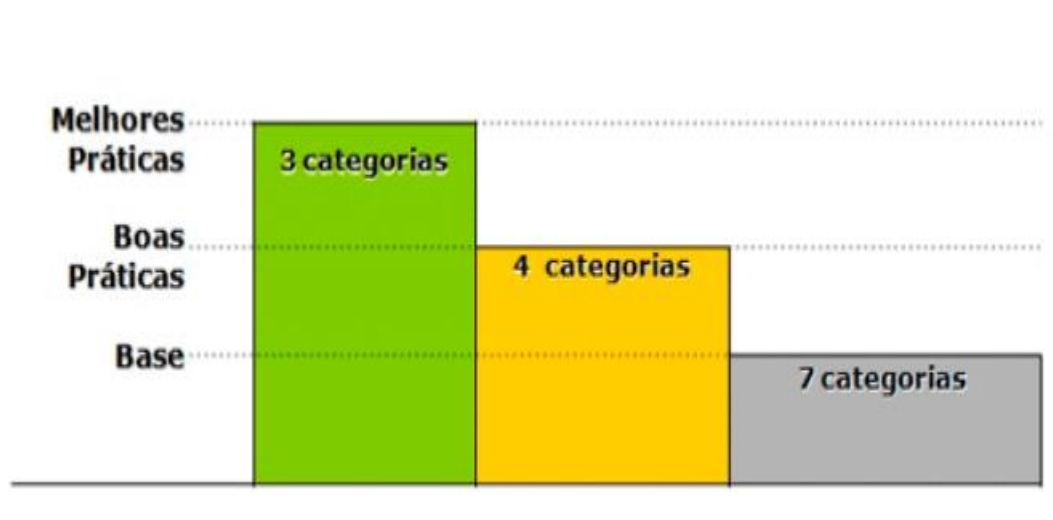


Figura 22 - Perfil mínimo de desempenho para certificação AQUA. Fonte [33]

4.3.2 – Critério de Pontuação

O critério de pontuação está organizada em 14 categorias que devem satisfazer as exigências relacionadas ao controle de impactos sobre o ambiente externo e à criação de um ambiente interno confortável e saudável. O conjunto de preocupações pode ser reunido em quatro grupos: eco construção, eco gestão, conforto e saúde. A Tabela 2 apresenta todas estas 14 categorias agrupadas conforme os aspetos de cada uma.

Tabela 2 - Categorias do Processo AQUA. Fonte [34]

Controle dos impactos sobre o ambiente externo	Criação de um ambiente interno confortável e saudável
Sítio e construção	Conforto
Categoria 01 Relação do edifício com o seu entorno	Categoria 08 Conforto hidrotérmico
Categoria 02 Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	Categoria 09 Conforto acústico
Categoria 03 Canteiros de obras com baixo impacto ambiental	Categoria 10 Conforto visual
Gestão	Categoria 11 Conforto olfativo
Categoria 04 Gestão de energia	Saúde
Categoria 05 Gestão de água	Categoria 12 Qualidade sanitária dos ambientes
Categoria 06 Gestão de resíduos de uso e operação do edifício	Categoria 13 Qualidade sanitária do ar
Categoria 07 Manutenção - permanência do desempenho ambiental	Categoria 14 Qualidade sanitária da água

Na fase de concepção, o empreendedor utiliza o perfil de desempenho programado nas 14 categorias e os demais elementos do programa como entrada para os projetos. É mantido o SGE e são produzidos os projetos, avaliando o perfil da QAE e corrigindo desvios percebidos. A auditoria também acontece mediante solicitação do empreendedor e o envio da avaliação da QAE ao final dos projetos é feito a Fundação Vanzolini.

4.3.3 - Aplicação para o caso de estudo

Para o efeito caso de estudo serão analisadas apenas os tópicos que o processo AQUA influenciam na eficiência energética. Portanto, serão desconsideradas todas as etapas e avaliações do SGE realizadas nas fases de planejamento e construção do empreendimento.

Serão consideradas somente os itens do QAE pertinentes que estejam fortemente ligadas à eficiência energética.

Os itens referenciados à eficiência energética e aplicáveis às premissas propostas para o caso de estudo deste trabalho são:

Categoria 4 – Gestão de energia

- Redução do consumo de energia por meio da concepção da arquitetura;
- Uso de energias renováveis no local;
- Redução do consumo de energia para sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão;
- Redução de consumo para o sistema de iluminação;
- Redução do consumo para os demais equipamentos;
- Controle de eficiência energética;
- Desempenho dos sistemas para produção de água quente.

As exigências de cada item que será analisado no caso de estudo são apresentadas a seguir, seguindo o padrão apresentado no “Referencial Técnico do processo AQUA para edifícios habitacionais”

- **Redução do consumo de energia por meio da concepção da arquitetura**

Exige que o acesso para iluminação natural nos dormitórios e salas deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior, caso o nível visado seja o Superior ou Excelente, a soma dessas aberturas deve representar, no mínimo, 12,5% da área útil do ambiente [34].

- **Uso de energias renováveis no local**

Propõe – se analisar a viabilidade técnica e econômica de alternativas de obtenção de energia de forma a obter uma parcela superior a 5% de cobertura das necessidades energética do edifício. Todos os impactos ambientais devem ser previstos, de modo que o impacto ambiental global da solução energética seja sustentável, ou seja, os benefícios devem ser superiores aos impactos. A energia de origem renovável pode ser utilizada nos sistemas de resfriamento, aquecimento, iluminação e aquecimento de água. Para obtenção do nível superior

é obrigatório o uso de aquecimento de água a partir de energia solar, já para obtenção do nível Excelente, além deste é também necessária a utilização de energia renovável para outros sistemas [34].

- **Redução do consumo de energia para sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão**

O sistema de ar condicionado deve ser mais eficiente para o edifício sob análise. Caso não haja a necessidade de condicionamento de ar, esse fato deve ser comprovado e detalhado por meio de um estudo de necessidades [35].

- **Redução de consumo para o sistema de iluminação**

Os dispositivos de iluminação devem atender a certos critérios mínimos de eficiência que dependem do nível de avaliação visado e o tipo de equipamento utilizado, tais critérios estão descritos no “Referencial Técnico do processo AQUA para edifícios habitacionais” [35].

- **Redução do consumo para os demais equipamentos**

Segundo o “Referencial Técnico do processo AQUA para edifícios habitacionais”, os demais equipamentos elétricos devem ter etiquetagem de eficiência energética [35].

- **Controle de eficiência energética**

De acordo com o “Referencial Técnico do processo AQUA para edifícios habitacionais” o monitoramento de consumos pode ser feito de duas maneiras:

Medição ou SUB medição específica dos sistemas de aquecimento de água (no caso de aquecimento central, elétrico ou a gás);

Medição específica de energia para o sistema de aquecimento de água convencional e outro para o sistema solar na saída do reservatório [35].

- **Desempenho dos sistemas para produção de água quente**

Os reservatórios de água quente e o isolamento térmico das tubulações de transporte de água quente devem atender as dimensões e requisitos descritos detalhadamente no Referencial Técnico do processo AQUA para edifícios habitacionais. Ainda se avalia também a eficiência do sistema de aquecimento de água (à gás, solar, bombas de calor ou elétrico) [35].

4.4 – Certificação LEED

O LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) foi desenvolvido pelo USGBC (U.S. Green Building Council), instituição que busca promover edifícios sustentáveis e lucrativos, bem como lugares saudáveis para se viver e trabalhar. A versão piloto (LEED 1.0) foi lançada em janeiro de 1999, e avaliava o desempenho ambiental do edifício de forma global, por todo o seu ciclo de vida, numa tentativa de considerar os princípios essenciais do que constituiria um green building. Sua avaliação é pautada em um nivelamento mínimo, correspondente aos pré-requisitos, cujo comprimento é obrigatório.

Satisfeitos todos estes pré-requisitos, passa-se à etapa de classificação do desempenho, onde os créditos são atribuídos de acordo com o grau de conformidade dos itens avaliados. Atualmente já existe a versão 3, lançada em abril de 2009, que possui como grande diferença a incorporação das necessidades com cuidados nas instalações dos canteiros, que não existia nas versões anteriores [36].

As características do LEED foram desenvolvidas, consensualmente, por 13 categorias da indústria de construção, representadas no conselho gestor da metodologia. Além disso, o apoio de associações e fabricantes de materiais e produtos favoreceu a ampla disseminação deste esquema nos EUA, que vêm também sendo utilizado no Canadá.

O método de avaliação acontece através da análise de documentos que indicam sua adequação aos itens obrigatórios e classificatórios. Através de um sistema de pontos que pode variar dependendo da categoria de certificação, são definidos os níveis de certificação. Há requisitos mínimos que devem ser atendidos ainda na fase de projeto, determinando ou não a possibilidade de o projeto ser certificado.

Independente das diferentes categorias o LEED oferece quatro níveis de certificação que dependem da pontuação total obtida na avaliação. São eles: Certificação Básica (40 a 49 pontos), Prata (50 a 59 pontos), Ouro (60 a 79 pontos) e platina (+80 pontos), mostrados na Figura 23 [37].



Figura 23 - Níveis de certificação Leed. Fonte [37]

4.4.1 – Categorias LEED

O certificado LEED se aplica a diferente tipo de construção, sendo então subdivididos de categorias que representam esta diversidade. Dado o caráter diverso das categorias/construções tem-se diferentes pontuações e pré-requisitos. As categorias do certificado LEED, representadas com uma breve descrição, são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Categorias da certificação LEED. Fonte: [38]

Categorias	Descrição
LEED NC	Novas construções e grandes projetos de renovação
LEED ND	Desenvolvimento de bairros (localidade)
LEED CS	Projetos da envoltório e parte central do edifício
LEED Retail NC e CI	Lojas de varejo
LEED H	Homes, para residências
LEED EB-OM	Operações de manutenções de edifícios existente
LEED Schools	Escolas
LEED CI	Projetos de interiores e edifícios comerciais

Vale notar na Tabela 3 a abrangência da certificação LEED, levando em conta o ciclo de vida da construção em diferentes etapas e tipos, residenciais, comerciais, públicos, novos, já existentes, na manutenção e operação de edifícios existentes. O gráfico da Figura 24 apresenta todos os percentuais.



Figura 24 - Percentuais de certificações LEED registadas até 09/11/2011 Fonte: [38]

4.4.2 - Critérios de Pontuação

Para se obter aprovação no sistema LEED é necessário satisfazer um conjunto de critérios de desempenho em áreas chaves determinadas apresentadas na Tabela 4. Estas áreas chaves dão origem a subdivisões em áreas específicas pontuáveis, sendo que alguns critérios devem ter cumprimento obrigatório [36].

Tabela 4 - Critérios LEED. Fonte [38]

Áreas Chave	Critérios
Sustentabilidade do sítio (20%)	Erosão e controle de sedimentação, seleção do local, desenvolvimento urbano, desenvolvimento de locais ambientalmente contaminados, transporte, redução dos distúrbios provocados pela construção, gestão de situações de mau tempo, recuperação e proteção de espaço abertos, paisagem e design exterior e redução da saída de radiação de luz direta.
Gestão de Água (7%)	Eficiência na utilização de água, tecnologias de inovadoras de tratamento.
Energia e Atmosfera (25%)	Instruções fundamentais dos sistemas do edifício, desempenho energético mínimo, redução de emissões de CO ₂ , energias renováveis, instruções adicionais, medição e verificação, energia verde e degradação da camada de OZONO
Matérias e recursos (20%)	Recolha e armazenamento de matérias recicláveis, reutilização do edifício, gestão de resíduos de construção, matérias locais/regionais, matérias rapidamente renováveis e madeira certificada
Qualidade Ambiental interna (22%)	Informação sobre medidas inovadoras incorporadas no projeto e quais os seus benefícios sustentáveis
Inovação e processos de projeto (6%)	Desempenho mínimo de qualidade do ar interior, controle interior do fumo do tabaco, monitorização do dióxido de carbono, eficiência crescente da ventilação, plano de gestão da qualidade do ar interior, capacidade de controlar sistemas, conforto térmico, iluminação natural e vistas

4.4.3 – Aplicação em caso de estudo

Dos seis itens apresentados na metodologia da LEED, serão analisadas somente os quesitos aplicáveis ao caso de estudo, que sejam diretamente ou indiretamente ligadas a eficiência energética do edifício, deixando de lado os aspectos sustentáveis do selo.

Portanto será analisada somente o item “energia e atmosfera”.

4.4.4 – Energia e atmosférica

Segundo o referencial técnico da LEED *for homes*, a avaliação do desempenho do edifício nesse item, “energia e atmosférica” possui dois métodos diferentes para a avaliação, um método realizado através de simulações computacionais e um método inteiramente prescritivo, a escolha de qual método (simulação ou prescritivo) deve ser adotado na certificação de um empreendimento, não depende exclusivamente da escolha do certificador.

Os edifícios que não possuam sistemas de condicionamento artificial de ar, devem ser modelados e simulados baseando os pontos em simulações computacionais do envoltório do edifício e dos equipamentos utilizados em seu interior segundo o referencial técnico da LEED *for homes*.

Portanto, para o caso de estudo em questão, será adotado o método de simulações computacionais.

4.4.5 - Simulação computacional – Desempenho energético otimizado

Conforme as indicações presentes no referencial técnico do LEED for Homes do USGBC, este quesito avalia o desempenho do edifício a ser certificado segundo o padrão do programa Energy Star, através da determinação do índice energético do edifício – o índice “HERS” (Home Energy Rating System).

Dentre os diversos softwares disponíveis para este tipo de simulação, procurou-se encontrar um com licença gratuita – ou com tempo de teste gratuito – que realizasse as simulações da forma mais rápida e automatizada possível.

Destaca-se para este estudo, o software *Energy Gauge*, que possui um tempo de teste gratuito de 30 dias, e que realiza os cálculos de envoltório, fornecendo automaticamente no final da simulação o índice HERS do edifício.

Capítulo 5 – Estudo de caso

Este capítulo expõe o caso de estudo, com a apresentação do local, a demonstração da coleta de dados e por fim a aplicação das duas certificações apresentadas.

5.1 – Local

A escolha do local para aplicação do caso de estudo foi realizada numa residência em Pedra Badejo que não possui sistemas de condicionamento artificial de ar. Dessa forma, escolheu-se uma residência de área total construída de 96 m², localizada em Santa Cruz cidade de Pedra Badejo.



Figura 25 - Residência utilizada no caso de estudo. **Fonte** (Autoria do autor)

5.2 – Coleta de dados

A coleta dos dados necessários para aplicação das duas certificações tratadas neste trabalho foi realizada em 28 de agosto de 2018, e são apresentadas abaixo em diversas seções.

5.2.1 – Ambientes da residência

Foram identificadas as características gerais dos imóveis, como a orientação da fachada, a quantidade de cômodos, a quantidade de quartos, além da medição da área total do terreno. A Tabela 5 mostra o resumo dos dados iniciais.

Tabela 5- Dados Iniciais da residência. **Fonte** (Autoria do autor)

Ambientes da residência	
Orientação da fachada	Norte
Área do Terreno	96 m ²
N de compartimentos	14
Número de Quarto	3
Pintura externa	Laranja
Pintura interna	Creme
Número de pessoas na casa	6
Número de Janelas	12



Figura 26 - Medições das Janelas. **Fonte** (Autoria do autor)

A área total de cada janela. Além de especificar os 12 tipos de janelas presentes na residência, variando de “J1” até “J12”.

Em sequência, cada ambiente teve seu perímetro e área medidos, além da identificação da quantidade de janelas e portas e as suas respectivas localizações nos cômodos. A Tabela 6 mostra o resumo de todos os 14 ambientes com suas respectivas áreas úteis.

Tabela 6 - Ambientes da residência caso de estudo. **Fonte** (Autoria do autor)

Ambientes	Áreas	Áreas das Janelas
Sala Comum 1	21.252 m ²	1,66 m ²
Hall 1	4.002 m ²	-
Varanda 1	12 m ²	-
Cozinha 1	12.066 m ²	1,05 m ²
Quarto 1	8.088 m ²	1,30 m ²
WC 1	3.990 m ²	-
Garagem	15.09 m ²	-
Quarto 2	8.088 m ²	1,05 m ²
Hall 2	4.002 m ²	-
Cozinha 2	12.066 m ²	1,05 m ²
WC 2	3.990 m ²	-
Sala comum 2	21.252 m ²	1,66 m ²
Quarto 3	3.383 m ²	1,05 m ²
Varanda 2	12 m ²	8,67 m ²

5.2.2 – Janelas

Cada janela foi medida individualmente, medindo-se as dimensões dos caixilhos e das áreas de vidro, além de verificação do tipo. Com os dados das janelas e dos ambientes medidos anteriormente foi possível a realização da planta baixa da residência, como mostrado no Apêndice, e a determinação do percentual de abertura e o percentual de iluminação relativo à

5.2.3 – Paredes

No caso de estudo foram verificadas que as paredes de toda a residência – tanto as que fazem face ao ambiente externo quanto as que separam os ambientes internos da casa – são embaçadas e rebocadas com argamassa de cimento em ambos dos lados e pintura externa de coloração laranja e pintura interna de coloração creme. A espessura média das paredes medidas foi de aproximadamente 15 cm.

A tipologia de parede que mais se adapta ao encontrado na residência, e que será utilizada na aplicação do caso de estudo está demonstrada na Figura 15.

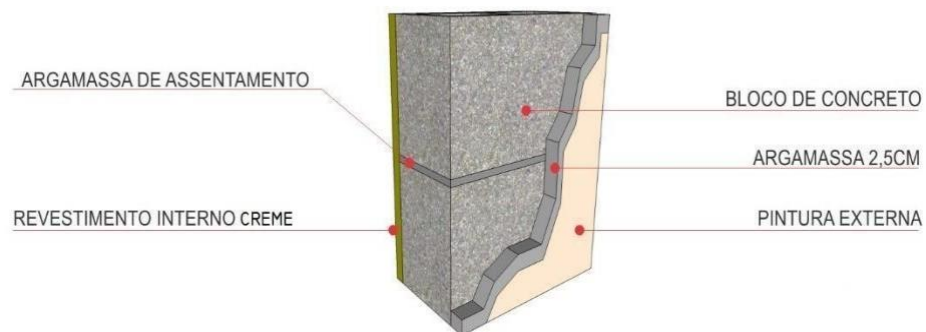


Figura 27 - Tipologia de parede caso de estudo [39]

Com a tipologia da parede foi se adquiridos os valores da transmitância e capacitância térmica a serem utilizados no desenvolvimento do caso de estudo que são provenientes do manual Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2010).

Tabela 7 - Valor de Transmitância e Capacitância térmica na residência caso de estudo [40]

Parede da residência	
Transmitância Térmica (U)	Capacitância Térmica ©
2,86 W/m ² K	145 kJ/ m ² K

Determina-se a absorvância da face externa das paredes de acordo com a sua coloração, segundo o exposto na Tabela 8. Para uma coloração interna com pintura creme, como mostrado na Figura 28, obtêm-se uma absorvância (α) igual a 0,3.



Figura 28 - Detalhe da coloração interior. **Fonte** (Autoria do autor)

5.2.4 – Cobertura

Tem a cobertura com betão armado e com uma SUB cobertura de chapa de alumínio, conforme mostrada na Figura 29, fez se um procedimento semelhante para a determinação da transmitância térmica, capacidade térmica e absortância da cobertura da residência.



Figura 29 - Cobertura da residência. **Fonte** (Autoria do autor)

O valor de absorbância utilizado para a cobertura foi de 0,15, como exposto para chapas de alumínio na Tabela 8.

Tabela 8 - Tipos de superfície e suas absorptâncias. Fonte [40]

Tipo de Superfície	α
Chapa de alumínio	0,15
Chapa de aço galvanizada	0,25
Caiação nova	0,12/0,15
Concreto aparente	0,65/0,80
Telha de barro	0,75/0,80
Tijolo aparente	0,65/0,80
Reboco claro	0,30/0,50
Revestimento asfáltico	0,85/0,98
Vidro incolor	0,06/0,25
Vidro colorido	0,40/0,80
Vidro metalizado	0,35/0,80
Pintura Branca	0,2
Pintura Amarela	0,3
Pintura verde Clara	0,4
Pintura "Alumínio"	0,4
Pintura verde-escura	0,7
Pintura Vermelha	0,74
Pintura Preta	0,97

5.2.5 – Sistema de iluminação artificial

Foram verificados todos os dispositivos de iluminação artificial – lâmpadas – de cada ambiente da residência. Identificou-se a quantidade, a potência e o fabricante de cada lâmpada de acordo com seu ambiente. A maior parte da residência era iluminada por lâmpadas incandescentes de 40 W de potência, como mostrado na Figura 30. Na Tabela 9 encontra-se resultado.



Figura 30 - Lâmpada utilizada na residência. **Fonte** (Autoria do autor)

Tabela 9 - Potência das lâmpadas caso de estudo. **Fonte** (Autoria do autor)

Ambiente	Qtd	Tipo	Potência Unitária	Potência Total
Sala Comum 1	2	Fluorescente	40 W	80 W
Hall 1	1	Incandescente	40 W	40 W
Varanda 1	1	Incandescente	40 W	40 W
Cozinha 1	1	Fluor. Tubular	36 W	36 W
Quarto 1	1	Incandescente	40 W	40 W
WC 1	1	Incandescente	40 W	40 W
Garagem	1	Incandescente	40 W	40 W
Quarto 2	1	Incandescente	40 W	40 W
Hall 2	1	Incandescente	40 W	40 W
Cozinha 2	1	Fluor. Tubular	36 W	36 W
WC 2	1	Incandescente	40 W	40 W
Sala comum 2	2	Fluorescente	20 W	40 W
Quarto 3	1	Incandescente	40 W	40 W
Varanda 2	2	Incandescente	40 W	80W
Caixa escada	3	Incandescente	40 W	120 W
Total	17			716 W

5.7 – Aplicação da certificação AQUA

- **Melhoria da aptidão da envoltória para limitar desperdícios de energia**

Exige-se na que na envoltória da residência ter aspeto que limita o desperdício de energia, como por exemplo áreas verdes, no entanto na residência não possui nenhum desses aspetos, logo não cumpre esse quesito.

- **Iluminação Natural**

No caso de estudo existem pelo menos uma abertura para iluminação natural em quartos e salas da residência, deste modo é classificado como “bom”.

- **Otimização arquitetônica para reduzir a demanda instalada**

Exige-se a utilização de melhorias arquitetônicas que visam reduzir a demanda energética instalada, na residência analisada neste caso de estudo, possui alguns aspectos arquitetônicas que reduzem a demanda, como espaço de iluminação e ventilação natural e possui uma subcobertura, é classificado como “bom”.

- **Análise da viabilidade técnica de energias renováveis**

Para o cumprimento destes pré-requisitos exige-se, um estudo de viabilidade técnica e econômica da aplicação de fontes alternativas de energia na residência. De acordo com o proprietário, este estudo nunca foi feito, portanto a residência não cumpre com as exigências deste subitem.

- **Eficiência de equipamentos de ar condicionado**

Na residência no caso de estudo, não possui equipamento de condicionamento artificial de ar e nem foi feito estudo que comprove a ausência da necessidade deste sistema para uma qualidade térmica satisfatória. Portanto a residência não obtém a qualificação neste quesito.

- **Equipamentos eficientes**

Exige o cumprimento de níveis mínimos de eficiência em lâmpadas e reatores eletrônicos. As lâmpadas encontradas na residência do caso de estudo não possuem níveis mínimos de eficiência e não cumprem a relação lumens/watt especificado no referencial técnico do processo AQUA.

- **Eficiência dos demais equipamentos**

Segundo o referencial técnico do processo AQUA, os demais equipamentos podem ser elevadores, motores elétricos e bomba centrífuga. No entanto, a residência não possui nenhum desses equipamentos, portanto não foi possível uma avaliação.

- **Reservatório de água quente**

Na residência não possui sistema de reservatório de água quente, portanto não foi possível uma avaliação nesse quesito.

Resultados

O resultado resumido das categorias atendidas e o seu respectivo nível de atendimento, como analisadas nesta seção, é evidenciado na Tabela 10.

Como já exposto anteriormente, o processo AQUA não possui classificação em níveis numéricos de pontuação, e sim em atendimento ou não de todos os pré-requisitos estabelecidos em suas categorias de avaliação.

Dessa forma, mesmo analisando somente os itens referentes à eficiência energética no processo AQUA, os resultados obtidos, ou seja, a não adequação à algumas das exigências, já implicaria no não recebimento da certificação AQUA para a residência, independente da avaliação dos outros itens não analisados neste trabalho.

Apesar que nesse trabalho não foi conseguido atingir algumas qualificações pode se frisar que para uma ótima maneira de reduzir custos e contribuir para a sustentabilidade, pode-se trocar as lâmpadas para lâmpadas LED. que consomem menos energia e têm uma vida útil maior, aproveite a luz natural, abra cortinas e persianas para usar a luz do sol. Usar sensores para ligar e desligar lâmpadas, regule o ar-condicionado mantenha a temperatura em torno de 24°C e evite abrir portas e janelas quando estiver ligado, ajuste a temperatura do aquecedor mantenha o aquecedor de água em uma temperatura moderada (cerca de 50°C).

Desligar os aparelhos sempre que não estão em uso, como TVs, computadores e carregadores. Use a máquina de lavar com carga cheia sempre que lave roupas e louças em cargas cheias para maximizar o uso de água e energia. Utilize aplicativos ou dispositivos que ajudem a monitorar o consumo de energia na sua casa. Algumas dessas dicas pode resultar em uma economia significativa na conta de energia.

Tabela 10 - Resultado final do processo AQUA no caso de estudo. [35]

Item	Subitem	Classificação
Redução do consumo de energia por meio da concepção da arquitetura	Melhoria da aptidão da envoltória para limitar desperdícios de energia	NA
	Iluminação Natural	Bom
	Otimização arquitetónica para reduzir a demanda instalada	Bom
Uso de energias renováveis no local	Análise da viabilidade técnica de energias renováveis	NA
Redução do consumo de energia para sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão	Eficiência de equipamentos de ar condicionado	NA
Redução de consumo para o sistema de iluminação	Equipamentos eficientes	NA
Redução do consumo para os demais equipamentos	Eficiência dos demais equipamentos	NA
Controle de eficiência energética	Monitoramento de consumo	NA
Desempenho dos sistemas para produção de água quente	Reservatório de água quente	*
	Isolamento de tubulações condutoras	*
	Eficiência de sistema utilizado	*

NA – Qualificação não atingida

* Residência não possui equipamento descrito

5.8 – Aplicação da certificação LEED

A parcela da certificação LEED relativa ao desempenho energético da residência é a categoria “energia e atmosfera”, como foi indicado antes.

Esta categoria possui 38 pontos disponíveis, 34 pontos são relativos à análise de desempenho energético otimizado do envoltório do edifício e dos equipamentos utilizados na residência. Três pontos são relativos ao sistema e tubulação de distribuição de água quente e um ponto é relativo ao sistema de ar condicionado, como a residência em análises não possui sistema de distribuição água quente e sistema de ar condicionada, será analisada apenas os dados de desempenho energético otimizado.

Desempenho energético otimizado

Neste trabalho foi realizada a simulação da residência através do software de simulação Energy Gauge, como proposto anteriormente.

Energy Gauge é uma ferramenta de software usada para análise e certificação de energia, geralmente em edificações. Ela foi desenvolvida pelo Florida Solar Energy Center (FSEC) e é usada para simular e avaliar o desempenho energético de edifícios residenciais e comerciais.

Existem duas principais versões do software:

Energy Gauge USA: Focado em edificações residenciais, esse software é utilizado para avaliar o consumo de energia, verificar a conformidade com códigos de energia (como o Código de Construção da Flórida) e realizar avaliações energéticas de residências, como o índice HERS (Sistema de Classificação de Energia Residencial).

EnergyGauge Summit: Voltado para edificações comerciais, essa versão é usada para conformidade com códigos de energia, simulação de energia de edifícios e avaliação de economias de custos energéticos, comparando diferentes medidas de eficiência.

O software usa um motor de simulação detalhado que prevê o uso de energia com base em uma análise horária. Ele ajuda arquitetos, engenheiros e avaliadores de energia a tomar decisões relacionadas à eficiência energética, sistemas de HVAC, isolamento e outros componentes dos edifícios.

Foram introduzidos todos os dados da residência, com os dados construtivos e também os dados dos equipamentos utilizados. Além disso, este software utiliza também os dados climáticos da região onde a residência em análise está inserida.

Como este software não possuía a cidade de Pedra Badejo, nem permitia a criação de uma nova cidade, foi escolhida uma cidade aleatória do estado da Flórida e os parâmetros climáticos foram alterados de acordo com os referidos para a cidade de Pedra Badejo, como é mostrado na figura 19.

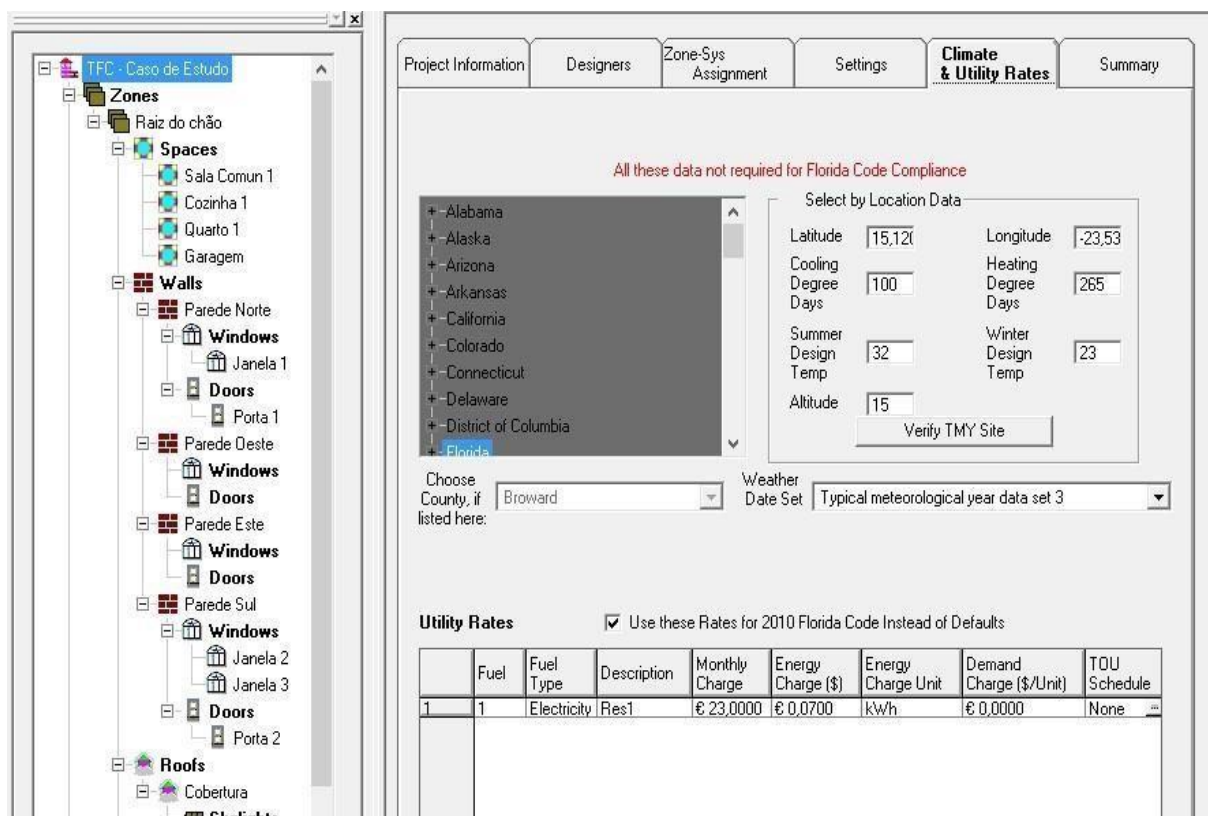


Figura 31 - Printscreen no software Energy Gauge - Dados climáticos. **Fonte** (Autoria do autor)

De seguida, foram inseridos todos os ambientes, idêntico ao mostrado na planta baixa do Apêndice. Os dados inseridos para cada ambiente, como mostrado na Figura 32, foram basicamente a área útil de cada ambiente. Para os parâmetros construtivos do solo da residência, definiu-se o tipo de piso, com toda a residência em contato com o solo somente através de lajes.

EnergyGauge USA - CASO DE ESTUDO
 File View Calculate Reports Registration Support Help Improvement Analysis
 Project ID: 14 User Entry Mode HERS IAF -- HERS -- --

Current Space

BlockID: Block1 Conditioned Unconditioned Use: Finished

Space Name: SALA CUMUN 1

Comment: RAZ DO CHÃO

Other specifications for this space

Occupants # 0 Kitchen Basement Bedrooms #

Space Appliance Loads for System Sizing
 Sens.(Btuh) 0 Latent(Btuh) 0 Suggestions

Space Size
 Floor Area: 21 sqft X Wall Height: 3 ft = Volume (cuft): 63.756

Whole house data
 Sum Of All Conditioned Spaces(0)
 Floor area(sqft): 0.0 Volume(cuft): 0.0 Occupants: 0.00 Bedrooms: 0
 Out of a total building area of 78 sqft.

Overview of Spaces

Space ID	Space Name	Space Area	Ave Wall Hgh	Space Volum	Conditioned	# Occupants	# BEDROOM
1	SALA CUMUN 1	21	3		No	0	
2	HALL 1	6	8		No	0	
3	COZINHA 1	12	8		No	0	
4	QUARTO 1	8	8		No	0	

Figura 32 - Printscreen no Software - Dados de Sala comum 1. Fonte (Autoria do autor)

Foram inseridos no software, os dados de área útil e perímetro de cada ambiente, além da definição do percentual de piso. A Figura 33 mostra o exemplo dos dados inseridos para o ambiente da sala comum 1 com 100% do piso a azulejo.

EnergyGauge USA - CASO DE ESTUDO
 File View Calculate Reports Registration Support Help Improvement Analysis
 Project ID: 14 User Entry Mode HERS IAF -- HERS -- --

Current Floor, Number 1 of 7

Type: Slab-On-Grade Edge Insulation R-Value: U-Value: 0.710 Space: SALA CUMUN 1

Perimeter: 20 (ft)

Slab insulation type and location: Exterior insulation

Area: 21.252 Area of SALA CUMUN 1 space: 21.252 sqft
 or
 Length: Width:

Tile Frac: 1 Wood/Vinyl Frac: Carpet Frac: 0.00

Comments/Totals
 Comment:

Display Total Floor Area

Overview of Floors

Floor ID	Space Name	Floor Type	Width
1	SALA CUMUN 1	Slab-On-Grade Edge Insulation	
2	HALL 1	Slab-On-Grade Edge Insulation	
3	COZINHA 1	Slab-On-Grade Edge Insulation	
4	QUARTO 1	Slab-On-Grade Edge Insulation	
5	WC 1	Slab-On-Grade Edge Insulation	
6	GARAGEM	Slab-On-Grade Edge Insulation	

This grid shows all the floors Currently entered. These can be individually edited.

Floors(7) Roof Ceilings(7) Walls(7) Doors(3) Windows(3) Infiltration(1) Sunsp. Mass
 Site Spaces Envelope Equipment Appliances LightsPlug Other

Figura 33 - Printscreen no software energy gauge - Dados dos pisos. Fonte (Autoria do autor)

De seguida, foram inseridas todas as paredes da residência. O Energy Gauge possui somente algumas tipologias de paredes pré-definidas, com faixas aceitáveis de transmitância térmica que variam dependendo da resistência térmica do isolamento inserido pelo usuário do programa. A tipologia de parede utilizada no software, foi a tipologia de parede que a permitisse mesma transmitância térmica de 2,59 W/mk utilizada anteriormente.

Como mostrado na Figura 34, foi escolhida uma parede de concreto, que permitiu o estabelecimento de uma transmitância térmica de 0.752 Btu, o que equivale aproximadamente 2.86W/mk.

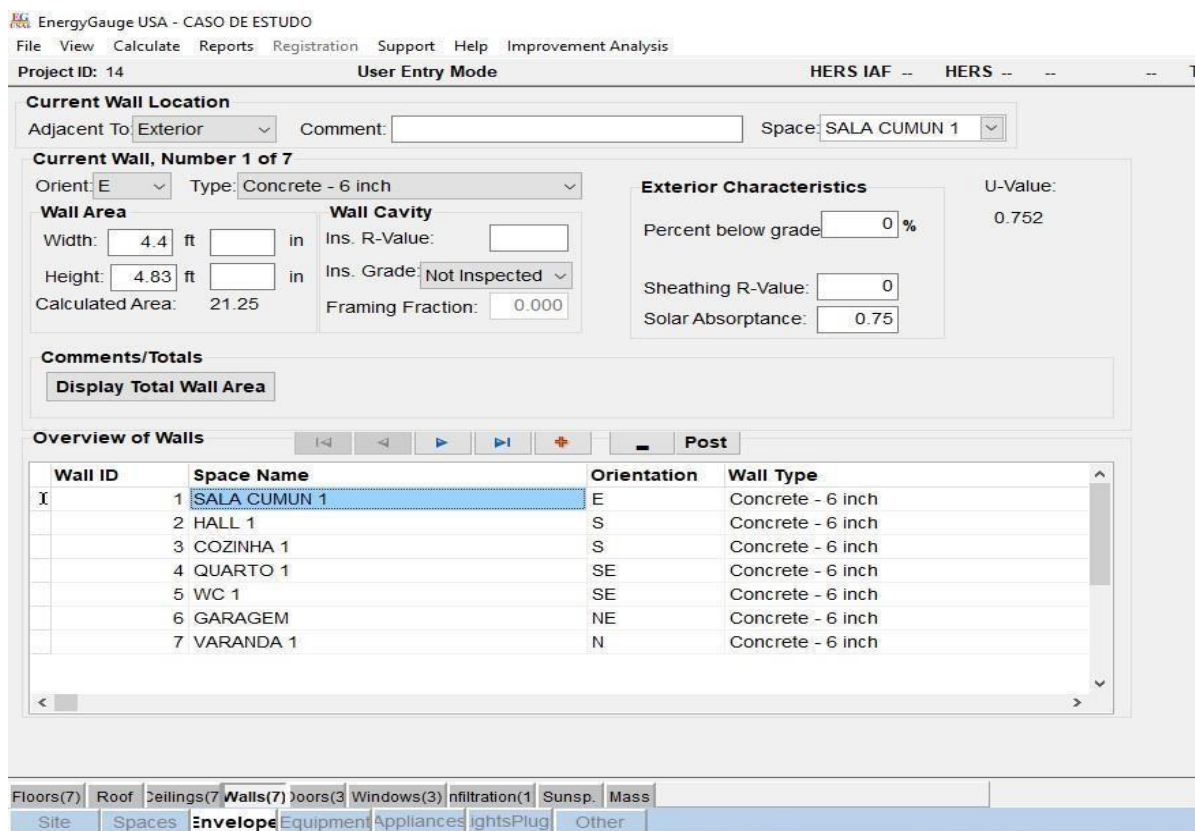


Figura 34 - Printsreen no software energy gauge – Parede. **Fonte** (Autoria do autor)

Como mostrado nas Figuras 35 e 36, foram inseridos todos os dados relativos às aberturas, portas, janelas e cobertura da residência e todos os dados de iluminação artificial utilizados em cada ambiente por quantidade e tipo de lâmpada.

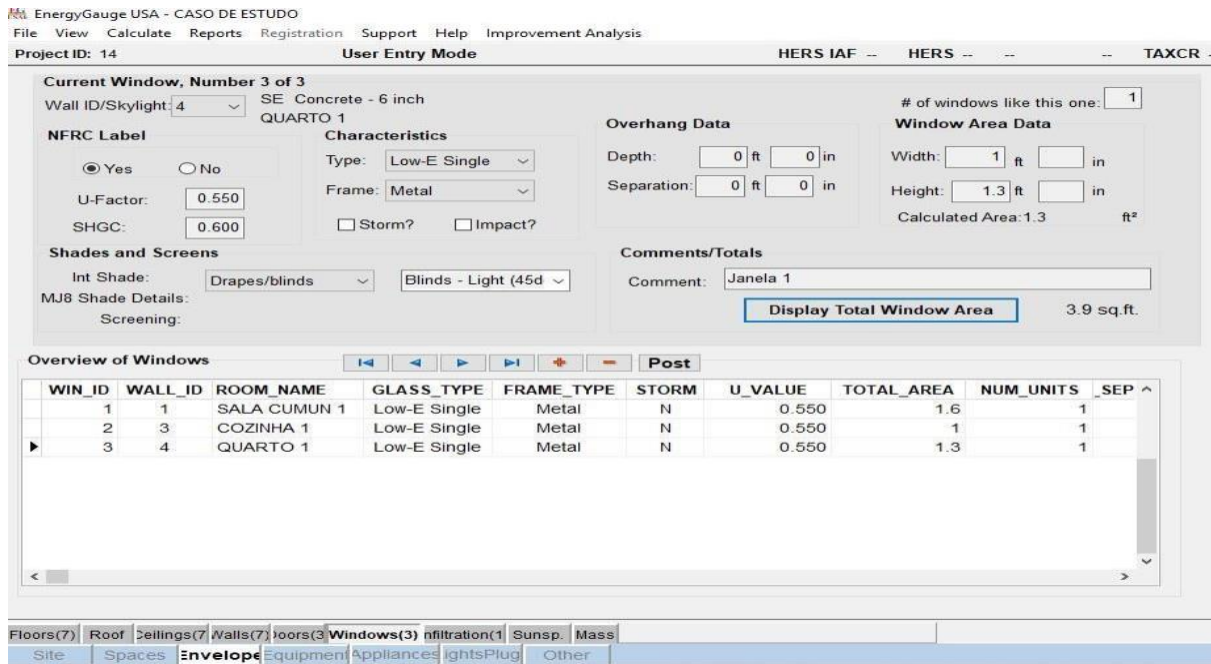


Figura 35 - Printsreen no software energy gauge - Dados de janela 1. Fonte (Autoria do autor)

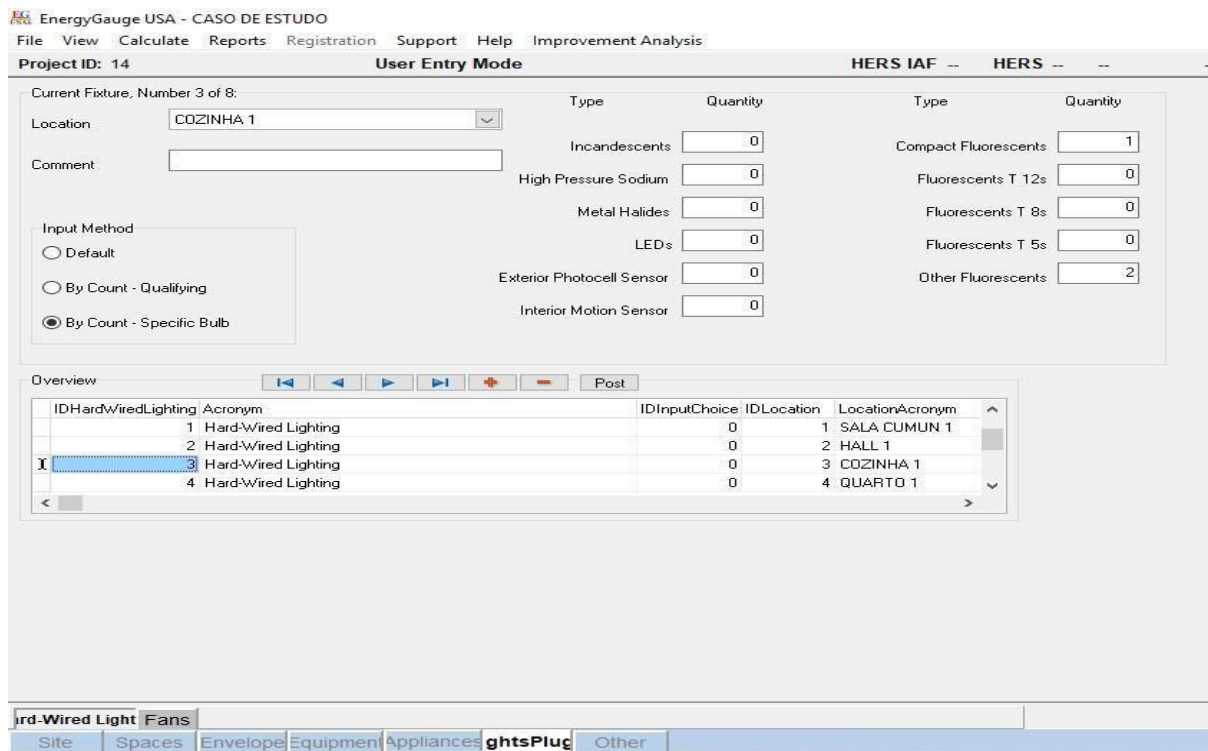


Figura 36 - Printsreen no software energy gauge - Dados de iluminação artificial cozinha 1. Fonte (Autoria do autor)

Por fim, foram também inseridos os dados dos equipamentos encontrados na residência. Foram inseridos os dados de iluminação artificial utilizados em cada ambiente por quantidade

e tipo de lâmpada (Incandescente, fluorescentes compacta, tubular, comum e outros) e todas as janelas foram inseridas (áreas, áreas de iluminação natural e tipo de vidro).

Com os dados inseridos a Energy Gauge realiza a simulação da residência em termos de desempenho energético da envoltória e dos equipamentos determinados pelo usuário e indica o resultado do índice HERS.

O resultado encontrado para o caso de estudo, como mostrado na Figura 37, é um índice HERS de 83.

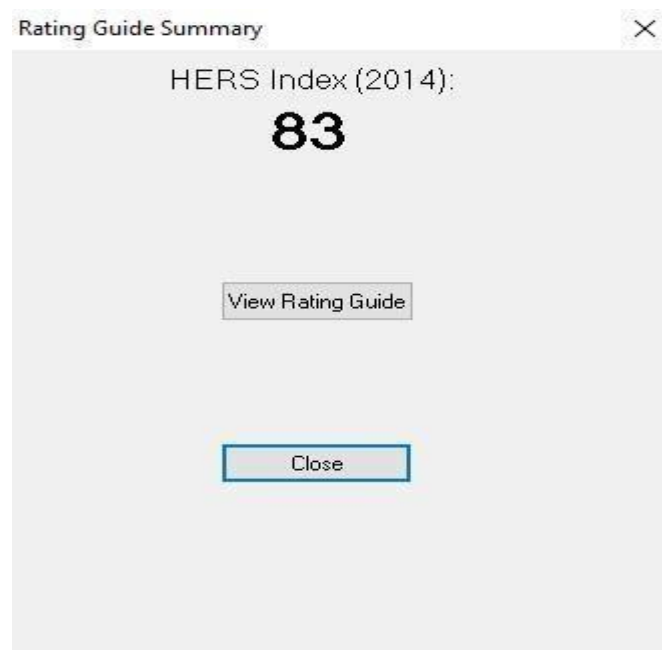


Figura 37 - Printscreen no software energy gauge - Resultado. **Fonte** (Autoria do autor)

A Tabela 11 mostra, a partir do índice HERS calculado, do máximo de 34 pontos na categoria, para o caso de estudo proposto.

Utilizando a relação apresentada na Tabela 11, define-se que dos 34 pontos disponíveis para esta categoria, a residência do caso de estudo recebeu somente **3 pontos**.

O resultado apresentado na imagem indica um valor HERS Index (2014) de 83.

O HERS (Home Energy Rating System) é uma métrica de eficiência energética utilizada para avaliar o desempenho energético de uma casa em relação a um padrão de referência. O índice é amplamente utilizado nos Estados Unidos e em ferramentas como o EnergyGauge.

Como funciona o índice HERS?

O padrão de referência (casa padrão) tem um índice de 100, quanto menor o valor HERS, mais eficiente é a casa:

- HERS = 0: Casa de energia zero (não consome energia líquida ao longo do ano).
- HERS < 100: Mais eficiente que a casa padrão.
- HERS > 100: Menos eficiente que a casa padrão.

Interpretação do Resultado (83)

Um índice HERS de 83 significa que a casa analisada é 17% mais eficiente em comparação à casa padrão. Embora o resultado mostre uma boa melhoria em eficiência energética, ainda há espaço para otimizações adicionais, como:

- Melhor isolamento térmico.
- Uso de janelas mais eficientes.
- Substituição de equipamentos e iluminação por opções mais eficientes.
- Integração de fontes de energia renovável (ex.: painéis solares).

Esse resultado pode ser considerado positivo, especialmente se for uma construção típica de estudo de caso. Ele indica que a casa já incorpora algumas práticas de eficiência energética em comparação ao padrão.

Tabela 11 - Índice de HERS e pontos LEED. [36]

Índice de HERS	Pontuação no LEED (Pontos)
100	
95	
90	
85	
84	2
83	3
82	4
81	5
80	6
79	7
78	7,5
77	8,5
76	9
75	10
74	10,5
73	11,6
72	12
71	12,5
70	13
69	14
68	14,5
67	15
66	15,5
65	16
64	16,5
63	17
62	17,5
61	18
60	18,5
55	20,5
50	22,5
45	24,2
35	27
30	28,5
25	30
20	31
15	32
10	33
5	33,5
0	34

6 – Conclusão

Entende-se que em um mundo contemporâneo onde cada vez mais os projetistas e construtores assumem posturas e práticas comprometidas com a sustentabilidade e toda a contribuição para atingir metas de redução do consumo de energia em residências se torna importante e preciosa.

Neste trabalho aplicou-se uma das ferramentas de promoção da eficiência energética em Cabo Verde, a eficiência em edificações residências torna-se muito importante para a promoção do desenvolvimento sustentável constituindo um passo importante para a crescente aposta na reabilitação do parque edificado cabo-verdiano. Neste sentido, reforça-se a importância da implementação das medidas de melhoria de desempenho energético, propostas no certificado energético, uma vez que a classificação energética de um edifício, não constitui por si só, uma solução para o problema do desperdício de energia no setor elétrico cabo-verdiano.

Ainda existem muitos desafios na promoção de eficiência energética nas edificações residências nacionais, a serem contemplados, como a falta de informações sobre possíveis poupanças com medidas corretas para esse fim e os mestres-de-obras ou construtores têm pouco ânimo para construir edifícios eficientes, uma vez que em grande parte dos benefícios destina-se a favor dos residentes, assim, incentivos repartidos levam à baixa absorção pela identidade de construtores, e com isto a grande maioria dos edifícios residências em Cabo Verde não possui requisitos mínimos de eficiência energética.

A partir da análise do caso de estudo de itens avaliativos das certificações estudadas pelos critérios preestabelecidos neste trabalho, assim como pela discussão da aplicabilidade de tais critérios no contexto cabo-verdiano, é possível afirmar que as ferramentas estudadas demonstram uma série de itens avaliativos plenamente aplicáveis a edifícios residências situadas no panorama cabo-verdiano e outros que ainda necessitam de adaptações.

Realçar que o objetivo principal não foi a certificação, mas sim obter um panorama geral das suas inadequações ao contexto habitacional do país. Com a verificação, foi possível concluir que a edificação não cumpriu com a maioria dos itens das categorias previstas, alcançado uma pontuação muito baixa, insuficiente para obter uma certificação, caso esse fosse o objetivo

O método de certificação *LEED*, apesar de atrativo da simplicidade de utilização, são desenvolvidos para os contextos nacionais específicos dos Estados Unidos e Canadá, o que limita a sua aplicação em localidades diferentes, como é caso de Cabo Verde, por não

apresentarem flexibilidade de adaptação a diferentes contextos locais. O método *AQUA*, apresenta mais flexibilidade de adaptação a diferentes locais, portanto dentre esses dois métodos é a que apresenta o maior nível de aplicabilidade no cenário cabo-verdiano.

Em geral, tendo em conta as limitações regionais, os métodos estudados remetem, em sua maioria, à ineficiência da aplicação de certificação internacionais fora do contexto em que tiveram baseado sua criação e desenvolvimento. No entanto a adaptação dos critérios e parâmetros avaliativos utilizados pelas certificações estudadas demonstrou-se possível, com a adaptação de questões geográficas, climáticas, culturais e normativas.

6.1 – Recomendações para trabalhos futuros:

Esta pesquisa limitou-se a estudar métodos avaliativos, sem levar em conta as medidas de melhorias, nem a viabilidade financeira das implementações para tornar as edificações mais sustentável em termos energéticos.

Desta forma, a sugestão para trabalhos futuros seria realizar novos estudos para levantamentos frequentes de informações na área de eficiência energética de edifícios residências referentes às soluções utilizadas para seu melhor desempenho, acompanhando a evolução tecnológica levando em consideração de medidas de melhorias nas residências.

Também realizar estudo por meio de outras certificações ambientais.

Referências Bibliográfica

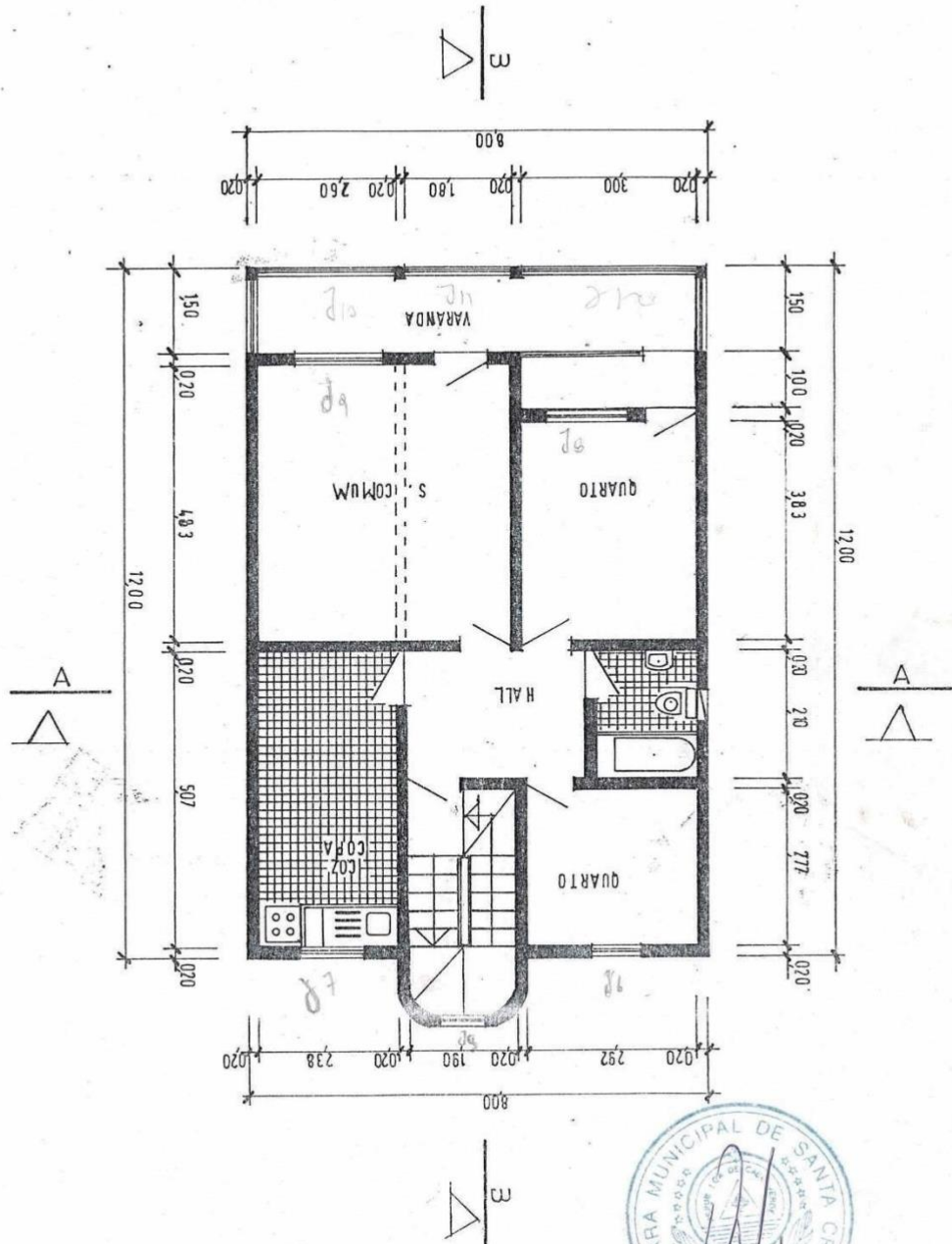
- [1] J. E. C. S. e. Silva, “Avaliação de Indicadores de Desempenho Energético de Edificações Climatizadas,” vol. 1, p. 1–10, 2004,2009.
- [2] “para a ENERGIA SUSTENTÁVEL PARA TODOS,” *A. D. E. Ac, E. Sustent, and V. E. L. P. Todos*, 2015.
- [3] “Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética,” *PNAEE*, 2017 a 2020.
- [4] “Projecto, D. De. (n.d.). United Nations Development Program País Cabo Verde,” *D. De Projecto*, pp. 1-149.
- [5] J. P. C. B. K. Nkiruka Avila, *O Desafio energético na Africa subsariana*, 2017.
- [6] REN21, “A SITUAÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CEDEAO,” 2014.
- [7] Internacional Energy Agency, *Africa Energy Outlook*, 2014.
- [8] ELECTRA SA, “Relatório e Contas,” 2013.
- [9] ELECTRA S.A, “Relatório de Contas,” 2017.
- [10] ELETRA SA, “Relatório e Contas,” 2016.
- [11] 2006., “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Guía práctica PMUS, para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible.,” vol. 2006.
- [12] A. B. Strapasson, “A Energia Térmica e o Paradoxo da Eficiência Energética: Desafios para um Novo Modelo de Planeamento Energético,” *P. Interunidades, and D. E. P. E. M. Energia*, 2004.
- [13] INE Cabo Verde, “Anuário Estatístico 2016,” Instituto Nacional de Estatística, 2017.
- [14] *Manual do Consumidor, Eficiência Energética nos Edifícios Residencias*, Lisboa.
- [15] GESTO S.A., “Plano energético renovável: CABO VERDE,” 2011.
- [16] *Manual de Boas Praticas, Arquitetura sustentável em Cabo Verde*.

- [17] Carolina Carvalho, “Avaliação de eficiência energética de um edifício educacional no município de palhoça utilizando o regulamento tecnico da qualidade para edificios comercias, de serviço e públicos”.
- [18] “Guia Casa Eficiente,” <http://www.guiacasaeficiente.com/Arrefecimento/MeiosSombreamento.html>.
- [19] S. M. D. Antônio, “Análise de característica da eficiência energética em habitações,” Escola Técnica, Rio de Janeiro.
- [20] FACHADAS QUE GARANTEM CONFORTO TÉRMICO NOS DIAS MAIS FRIOS, “Home decore,” <http://www.homedecore.com.br/fachadas-que-garantem-confortotermico-nosdiasmais-frios/>.
- [21] M. A. L. Gonçalves, “Eficiência energética em edifícios Histórico,” 2015.
- [22] R. Hyde, “Bioclimatic Housing: Innovative Designs for Warm Climates, Cromwell press. Trowbridge: Earthscan,” 2008.
- [23] Telhados Verdes já são lei em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, “Curtamais,” [Online]. Available: <http://www.curtamais.com.br/goiania/telhadosverdes-ja-sao-lei-em-varias-partes-do-mundo-inclusive-no-brasil>.
- [24] “CruzaMundos,” <http://www.cruzamundos.com/cabo-verde2015-praia-cidadevelhamindelo-dia-4/>.
- [25] “Coberturas Verdes: Seu contributo para a eficiência energética e sustentabilidade”.
- [26] “Archiexpo,” <http://www.archiexpo.com/pt/prod/qfort/product124669-1711141.html>.
- [27] V. A. Garcia, “Arquitetura Sustentável em Cabo Verde,” 2016.
- [28] Ventilação Natural na Indústria: Utilidade e Vantagens, <https://grupomb.ind.br/mbobras/economia-deenergia/ventilacao-natural-na-industriautilidade-e-vantagens/>.
- [29] INE, “Instituto nacional de estatística,” 2010.
- [30] A. J. M. B. M. A. a. A. G. M. J. Orientadores, “Certificações e selos verdes,” p. 1–16, 1987.
- [31] “GEOCONSTRUCTION,” www.GEOCONSTRUCTION.COM.
- [32] “Fundação Vanzolini,” *AQUA*, 2011.

- [33] “Processo AQUA-HQE <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aquaemdetalhes/>.
- [34] “REGRAS DE CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE™ EDIFÍCIOS EM OPERAÇÃO,” *AQUA*, vol. 1, 2016.
- [35] Processo AQUA, “Referencial Técnico de Certificação,” Fundação Vanzolini, 2013.
- [36] With Global Alternative Compliance Paths, “LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction,” *USGBC*, 2013.
- [37] V. F. Leite, “CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO,” 2011.
- [38] “GBCB,” 2011. <http://www.gbcbrasil.org.br>.
- [39] N. Stern, “The Economics of Climate Change,” *Stern Rev*, p. 662, 2006.
- [40] Laboratorio de Eficiência Energética em Edificações, 2013.

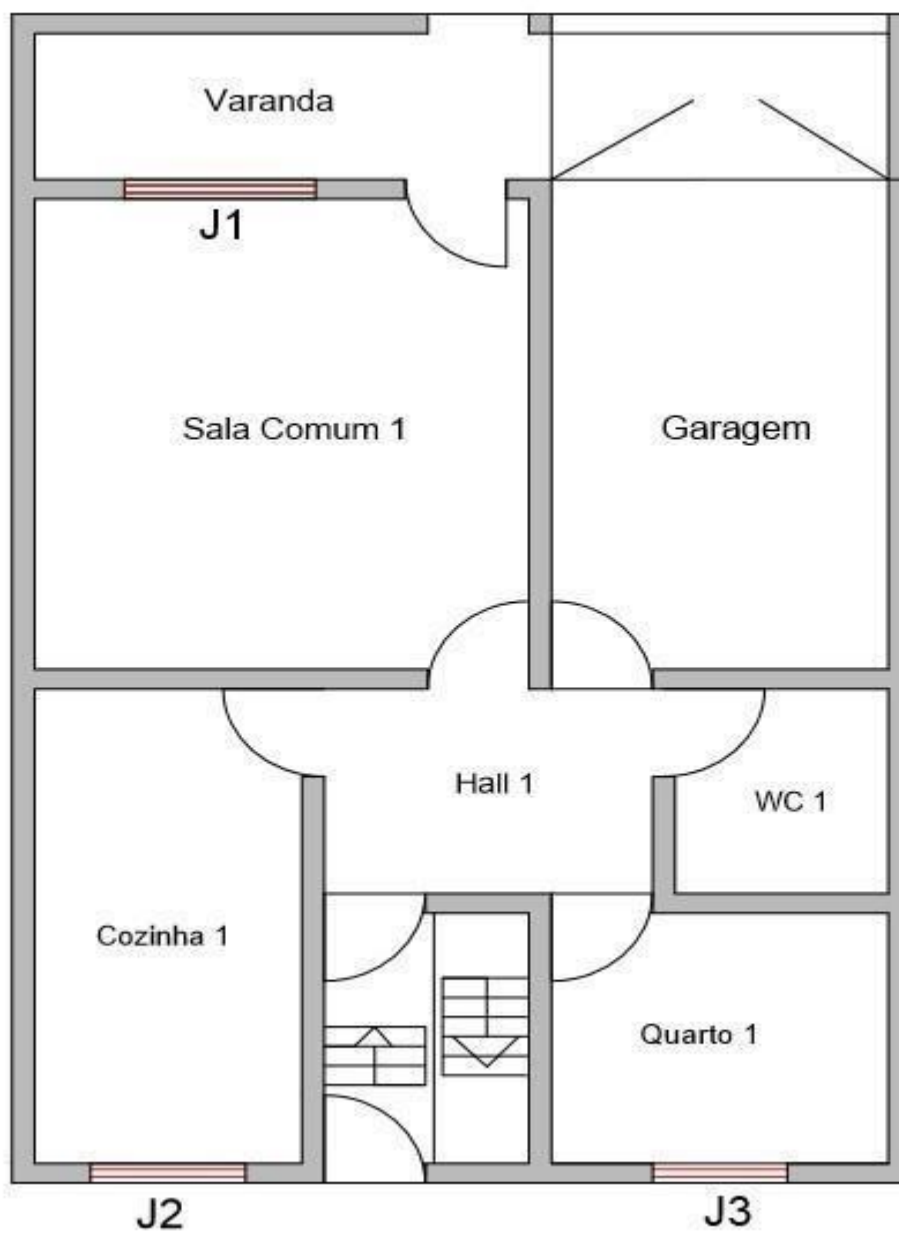
ANEXOS – PLANTAS DA RESIDÊNCIA CASO DE ESTUDO

PLANTA COTADA DO 1º/2º ANDAR

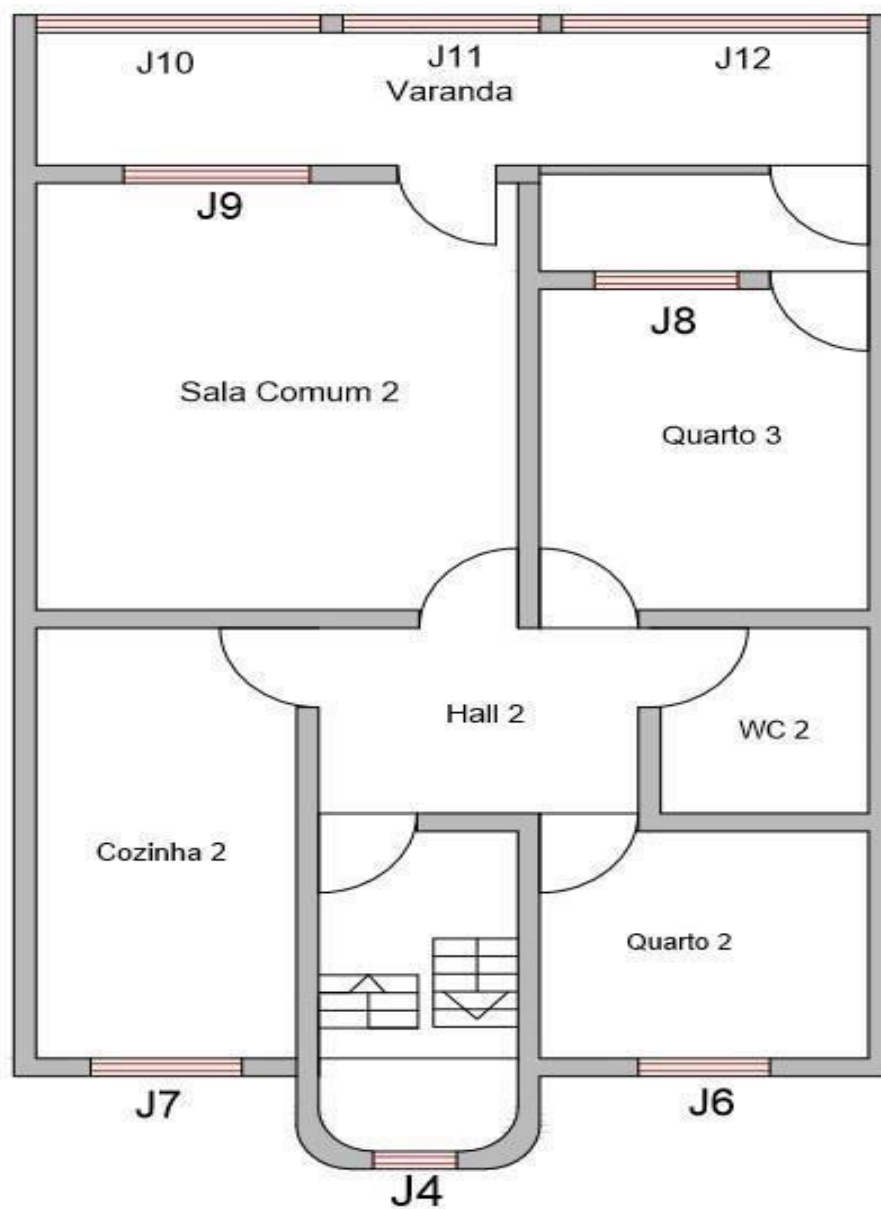


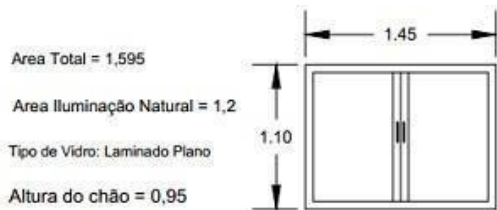
APÊNDICE – RESIDÊNCIA DE CASO DE ESTUDO

Localizações das Janelas e dos Ambientes - RC

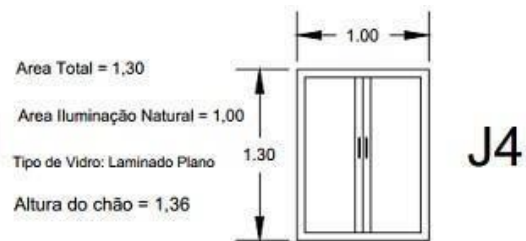


Localizações das Janelas dos Ambientes – 1º Andar

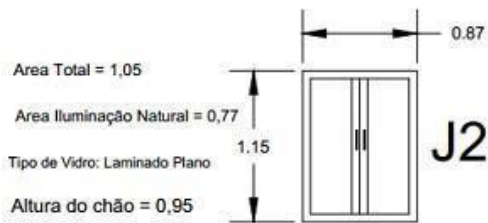




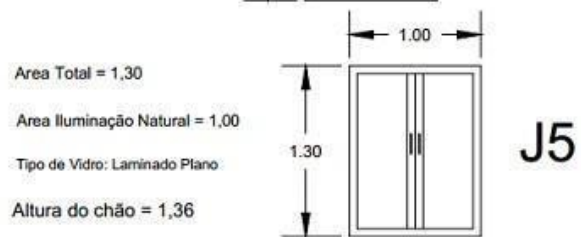
J1



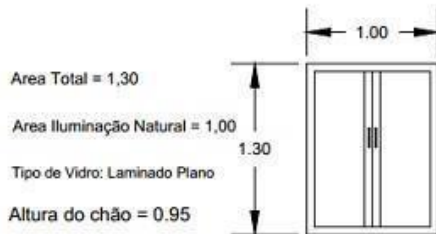
J4



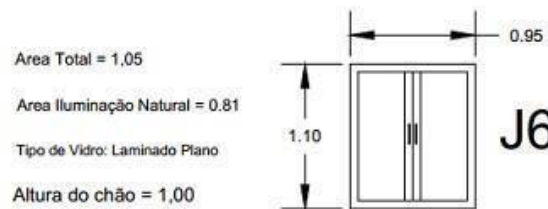
J2



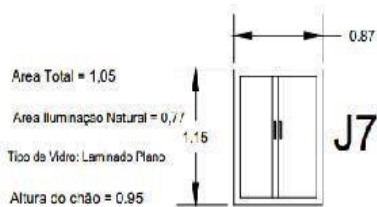
J5



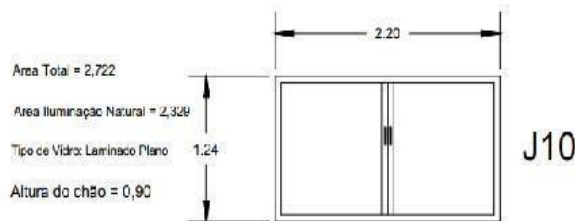
J3



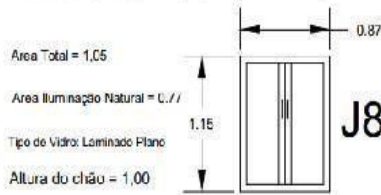
J6



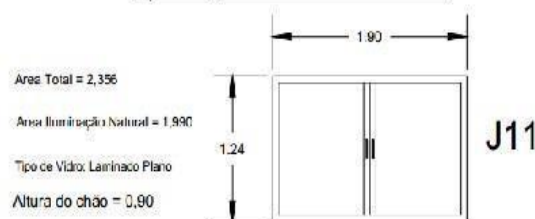
J7



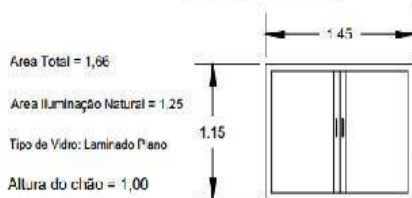
J10



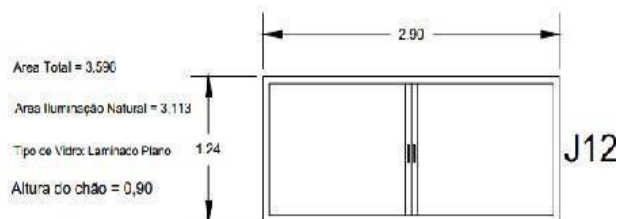
J8



J11



J9



J12