



BOLETIM OFICIAL

ÍNDICE

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E ENERGIA, MINISTÉRIO DAS INFRAESTRUTURAS,
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E HABITAÇÃO, E MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E AMBIENTE

Portaria conjunta n° 24/2020:

Procede à aprovação do Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE)..... 1574

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO
E ENERGIA, MINISTÉRIO DAS
INFRAESTRUTURAS, ORDENAMENTO
DO TERRITÓRIO E HABITAÇÃO,
E MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E AMBIENTE

Gabinete dos Ministros
Portaria conjunta nº 24/2020
de 3 de junho

A elaboração do Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE) insere-se no âmbito do Projeto de Eficiência Energética em Edifícios e Equipamentos (PEEE), enquadrado no eixo estratégico de promoção da eficiência energética do Programa Nacional de Sustentabilidade Energética (PNSE) e visa assegurar a construção de edifícios energeticamente eficientes, com o compromisso de redução na procura de uso de energia elétrica e garantia das condições de salubridade e do conforto termo higrométrico.

O diploma que estabelece o Código Técnico da Edificação (CTE) publicado pela Portaria nº 4/2012 de 12 de janeiro, prevê os princípios a ter em conta na fase da conceção do edifício nomeadamente relativamente à economia de energia, o conforto visual, o isolamento térmico, os materiais e a qualidade do ar interior, sem, no entanto, detalhar os requisitos a ter em conta em cada um desses princípios, lacuna que urge colmatar.

O CEEE detalha alguns dos princípios acima mencionados, através da integração de requisitos de eficiência energética na construção de edifícios, o que permitirá a redução da emissão dos gases com efeitos estufa ao mesmo tempo que se garante o cumprimento das condições de salubridade dos edifícios.

O CEEE abrange o projeto bioclimático do edifício, a sua envolvente, os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado e o sistema de iluminação artificial.

O Código, foi elaborado segundo um amplo processo de consulta e interação com os principais atores e partes interessadas com intervenção na área, nomeadamente o Instituto Nacional de Gestão do Território, Associação de Municípios e Câmaras Municipais, as Ordens dos Arquitetos e dos Engenheiros e o Laboratório de Engenharia Civil.

Assim, ao abrigo do disposto no Decreto-lei nº 18/2011 de 18 de fevereiro, conjugado com a Portaria nº 4/2011 de 12 de janeiro de 2012; e,

No uso da faculdade conferida pela alínea b) do artigo 205.º e pelo número 3 do artigo 264.º da Constituição;

Manda o Governo, pela Ministra das Infraestruturas, Ordenamento do Território e Habitação, pelo Ministro da Indústria, Comércio e Energia e pelo Ministro da Agricultura e Ambiente, o seguinte:

Artigo 1º

Aprovação

É aprovado o Código de Eficiência Energética em Edifícios, abreviadamente aqui designado CEEE, ou apenas Código, apresentado em anexo ao presente diploma, do qual faz parte integrante.

Artigo 2º

Objetivo

1. O Código estabelece os requisitos mínimos para a projeção e construção de edifícios eficientes do ponto de vista energético.

2. O Código também fornece um conjunto adicional de requisitos para edifícios de maneira a alcançar níveis de eficiência energética, que vão além dos requisitos mínimos.

Artigo 3º

Âmbito

1. O Código é aplicável a edifícios novos e edifícios existentes que sofram grandes obras de reabilitação.

2. O Código não é aplicável, nesta fase inicial, a edifícios residenciais e edifícios de pequeno porte.

3. Os edifícios que, pelo uso a que se destinam, estejam sujeitas a especificações técnicas próprias, devem respeitar o presente código nos aspetos não cobertos por aquelas especificações.

4. O Código é completado com as exigências de outros regulamentos técnicos ditadas pelo organismo central responsável pelo setor de energia.

5. Na ocorrência de situações não cobertas pelo Código devem ser adotados, por ordem de prioridade, a regulamentação internacional e pareceres ou especificações técnicas especializadas, devendo, nessas situações, ser objeto de análise prévia e aprovação pelo organismo central responsável pelo setor de energia.

Artigo 4º

Responsabilidade

1. Compete ao organismo central responsável pelo setor de energia estabelecer o Mecanismo de Conformidade e Implementação do Código.

2. O organismo central responsável pelo setor de energia pode elaborar instruções de serviços que pormenorizem ou completem as disposições do Código.

Artigo 5º

Revisão

O Código poderá ser revisto sempre que tecnicamente se justificar.

Artigo 6º

Entrada em vigor

O presente diploma entra em vigor trinta dias após a sua publicação.

Gabinete dos Ministros dos Ministérios das Infraestruturas, Ordenamento do Território e Habitação, da Indústria, Comércio e Energia e da Agricultura e Ambiente, na Praia, aos 24 de junho de 2020. – A Ministra, *Eunice Andrade da Silva Spencer Lopes*, O Ministro, *Alexandre Dias Monteiro* e O Ministro, *Gilberto Correia Carvalho Silva*.

Anexo

Código de Eficiência Energética em Edifícios

Conteúdo

Lista de Acrónimos

1. Sobre o Código

1.1. Objetivo do código

1.2. Âmbito do código

1.2.1. Aplicabilidade

1.2.2. Isenção

1.2.3. Precedência

1.2.4. Normas de Referência

2. Classificação do Clima em Cabo Verde

2.1. Classificação do clima segundo o sistema Köppen-Geiger

2.2. Classificação do clima conforme a CEDEAO

2.3. Classificação do clima baseada na informação obtida do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

2.3.1. Análise da temperatura

2.3.2. Análise da precipitação

2.3.3. Análise da Humidade Relativa

2.3.4. Análise da velocidade do vento

2.4. Clima Adotada para o CEEE

3. Estratégias de design bioclimático nos edifícios

3.1. Estratégias de design Bioclimático de acordo com a Diretiva CEDEAO

3.2. Estratégias de design bioclimáticos, de acordo com o CTE de Cabo Verde

3.3. Componentes importantes do design bioclimático

3.3.1. Orientação

3.3.2. Iluminação natural

3.3.3. Sombreamento

3.3.4. Rácio Janela-Parede (WWR)

3.3.5. Ventilação

4. Envolvente do edifício

4.1. Componentes da envolvente dos edifícios

4.1.1. Paredes

4.1.2. Telhados

4.1.3. Janelas

5. Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

5.1. Análise de diferentes opções para identificar medidas de redução de consumo de energia

5.1.1. Impacto do sistema de ar condicionado eficiente no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

5.1.2. Impacto do sistema de ar condicionado eficiente no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

5.2. Requisitos para os sistemas AVAC

6. Sistemas de iluminação

6.1. Análise de diferentes opções para identificar medidas de redução do consumo de energia

6.1.1. Impacto do sistema de iluminação eficiente na redução do consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

6.1.2. Impacto do sistema de iluminação eficiente no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

6.2. Requisitos obrigatórios para o sistema de iluminação

7. Anexos

7.1 Lista de Materiais de Construção (com suas Características Térmicas) utilizados em Cabo Verde

Lista de Acrónimos

GEE	Gases com Efeito de Estufa
CEEE	Código de Eficiência Energética em Edifícios
CEDEAO	Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental
ASHRAE	Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado
CEN	Comité Europeu de Normalização
WWR	Rácio Janela-Parede
HSA	Ângulo de Sombreamento Horizontal
VSA	Ângulo de Sombreamento Vertical
SHGC	Coefficiente de Ganhos de Aquecimento Solar
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
VRV	Volume de Refrigeração Variável
LED	Díodo de Emissão de Luz
CFL	Lâmpada Fluorescente Compacta
LPD	Densidade de Potência de Iluminação
EPI	Índice de Performance Energético
Valor U IEE	Coefficiente de Transferência de Calor Índice de Eficiência Energética
IDA	Indoor Air Quality (Qualidade do Ar Interior)
INMG	Instituto Nacional Meteorologia e Geofísica

1. Sobre o Código

O Código de Eficiência Energética em Edifícios (CEEE) foi desenvolvido com o objetivo de colmatar algumas lacunas do Código Técnico da Edificação (CTE) (Portaria nº4/2011 de 12 de janeiro), através da integração de requisitos de eficiência energética na construção de edifícios ambientalmente sustentáveis, o que permitirá a redução da emissão dos Gases com Efeitos Estufa (GEE) ao mesmo tempo que se garante o cumprimento das condições de salubridade dos edifícios. Pode ser complementado com outras iniciativas do governo para incentivar a sustentabilidade ambiental através da eficiência energética e energia renovável em edifícios.

O CEEE abrange o projeto bioclimático dos edifícios, as suas fachadas, sistemas de ar condicionado e sistema de iluminação interior. O Código, foi finalizado após consulta com todas as partes interessadas, nomeadamente o Instituto Nacional de Gestão do Território, Associação de Municípios, ordem dos arquitetos engenheiros e o laboratório de engenharia civil.

O CEEE visa assegurar a construção de edifícios energeticamente eficientes, com o compromisso de redução na procura de uso de energia elétrica e garantia das condições de salubridade e do conforto termo higrométrico. A consciencialização e o apoio generalizados são essenciais para sua efetiva implementação e execução.

1.1. Objetivo do código

O objetivo do CEEE é fornecer requisitos mínimos para a projeção e construção de edifícios eficientes do ponto de vista energético. O Código também fornece um conjunto adicional de requisitos para edifícios, de maneira a alcançar melhores níveis de eficiência energética.

1.2. Âmbito do código

1.2.1. Aplicabilidade

O CEEE é aplicável a todos os edifícios novos e edifícios existentes que sofram grandes obras de reabilitação.

Estão abrangidos pelo código os seguintes edifícios:

- Edifícios nos quais sejam fornecidos serviços de alojamento mediante remunerações, exceto edifício relativo a cuidados de saúde, nomeadamente: hotéis, resort, residenciais, pensões e outros similares.

- Edifícios, ou parte dos mesmos, que sejam utilizados para atividades profissionais de negócios (administrativos, jurídico, etc.) e prestação de serviços;
- Edifícios utilizados de escolas, colégios, universidades e outras instituições de cariz educativos como centros profissionais, jardins infantis e outros similares.
- Edifícios, ou parte dos mesmos, que sejam utilizados para a prestação de cuidados de saúde, tais como: hospitais, clínicas, centros de saúde, ambulatórios e outros similares;
- Edifícios, ou parte dos mesmos, utilizados para o desenvolvimento de atividades comerciais, tais como: shoppings, retalhistas autónomos, galerias abertas, minimercados, supermercados ou hipermercados, lojas, mercados para exposições e venda de mercadorias, a grosso ou retalho e outros similares;
- Edifícios multiusos, ou parte deles, onde se reúnem um grande número de pessoas para atividades de diversão, recreativas, sociais, religiosas, patrióticas, civis, de viagem e similares, tais como: teatros, salas de cinema, salas de reunião, aeroportos, portos, estações de rodoviárias e similares;

Qualquer edifício que não se enquadre em nenhuma das categorias acima descritas deve ser classificado na categoria acima que melhor descreva a sua função.

NOTA:

Os requisitos de eficiência energética do Código derivam da análise de 6 tipologias de edifícios não residenciais (acima classificados), considerando-os como um modelo uniforme.

Os layouts espaciais, especificações dos materiais, características da fachada e os padrões com ocupação apresentam um impacto na eficiência energética dos edifícios e difere entre as diferentes tipologias.

O potencial de redução do consumo de energia acoplado à tecnologia e materiais varia com o tipo de edifício. Para analisar esse potencial foram integrados os requisitos da CEEE.

1.2.2. Isenção

O CEEE não é aplicável, nesta 1ª fase, a edifícios residenciais e edifícios de pequeno porte.

1.2.3. Precedência

1. Qualquer código(s) ou legislação nacional
2. Qualquer regulamento sobre segurança, saúde ou ambiente

1.2.4. Normas de Referência

1. Código Técnico da Edificação de Cabo Verde
2. Diretiva da CEDEAO para a Eficiência Energética nos edifícios
3. Comité Europeu de Normalização (CEN) EN-15251, European Committee for Standardisation
4. Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE)
 - i. ASHRAE Standard 90.1 – (Design Edifícios Eficientes Energeticamente)
 - ii. ASHRAE standard 62.1 – (Qualidade do Ar Interior e Ventilação)

2. Classificação do Clima em Cabo Verde

2.1. Classificação do clima segundo o sistema Köppen-Geiger

A classificação do clima de qualquer país, conforme o sistema Köppen-Geiger, é representada através de três letras. Este sistema, em geral, reconhece cinco tipos de clima principais, com base nas médias mensais e anuais de temperatura e precipitação.

De acordo com a classificação climática do sistema Köppen-Geiger, o clima de Cabo Verde é do tipo B (Clima Seco) e árido, que se caracteriza por pouca chuva e uma grande amplitude térmica diária. Conforme ilustrado na Figura 1, Cabo Verde foi classificado com três características sazonais diferentes:

- BWh (Tipo de clima árido - Precipitação do tipo deserto - quente seco com uma temperatura média anual acima de 18 ° C);
- BSh (Árido - Baixa precipitação de 25 a 30 mm por ano - quente seco com uma temperatura média anual acima de 18 ° C) e
- BSk (Árido - Baixa precipitação de 25 a 30 mm por ano - frio seco com uma temperatura média anual inferior a 18 ° C).

“B” representa o Árido- Os climas secos são caracterizados por pouca precipitação e uma grande amplitude térmica diária. Dois subgrupos, S - semiáridos ou estepe, e W-árido ou deserto, são usados com os climas do tipo B.

“W” representa –Deserto

“S” representa - Estepe

“h” representa -Seco quente com uma temperatura média anual acima de 18 ° C (64 ° F), em climas do tipo B apenas.

“k” representa - Resfriado a seco com uma temperatura média anual inferior a 18 ° C (apenas 64 ° F), nos climas B.

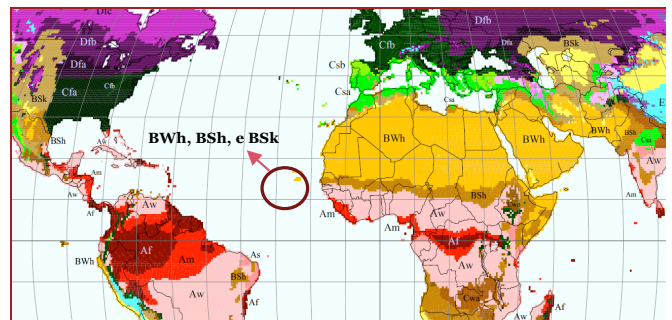


Figura 1: Classificação do Clima de Cabo Verde com base no sistema de Köppen -Geiger

A classificação do clima nas ilhas habitadas, segundo o sistema Köppen-Geiger, é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do clima nas ilhas habitadas de Cabo Verde

Ilha	Classificação do clima
Santo Antão	- BWh (Porto Novo) - BSh, á BSk (Ribeira Grande, Paúl)
São Vicente	- BWh
São Nicolau	- BWh - BSh
Sal	- BWh
Boavista	- BWh

Maio	- BWh
Santiago	- BWh, - BSh (Santa Catarina, São Salvador do Mundo)
Fogo	- BWh (São Filipe) - BSh (Mosteiro, Santa Catarina do Fogo) - BSk (Santa Catarina do Fogo)
Brava	- BWh, - BSh

De acordo com a Tabela 1, pode se considerar que Cabo Verde tem um clima tropical, sobretudo seco, com duas estações distintas, uma estação seca e uma chuvosa/húmida:

- A estação seca em Cabo Verde cobre um período de nove meses aproximadamente, de novembro a julho, e é marcada por uma ausência quase total de precipitação. Os fortes ventos marítimos causam elevadas taxas de evaporação, agravadas pela alta radiação solar.
- A estação húmida corresponde aos meses de julho a outubro e é geralmente marcada por precipitação. A precipitação média anual nas ilhas é de 225 mm, dos quais 20% são perdidos por escoamento superficial, por não haver capacidade suficiente para capturar e armazenar a água, 13% infiltra-se, recarregando os aquíferos e 67% evapora. Apenas 10% da terra é cultivável devido a pouca e irregular acumulação de precipitação. O solo é áspero devido à alta erosão provocada pelo vento.

2.2. Classificação do clima conforme a CEDEAO

Os países membros da CEDEAO apresentam uma diversidade climática dentro do mesmo tipo de clima, o clima tropical. Os estudos realizados no âmbito da preparação da diretiva da CEDEAO para a eficiência energética em edifícios e discussões com os restantes países membros da CEDEAO foi definido para Cabo Verde, o clima semiárido quente, caracterizado pelos parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do clima de Cabo Verde segundo a CEDEAO

Parâmetros	Clima semiárido quente
Localização	De 10° a 15°
Caraterísticas	Clima quente e seco
Temperatura – Mínima & Máxima	Entre 15 C e 45 C
Temperatura média	Em média, 34 C
Duração da estação quente	8 meses
Precipitação/ano.	Entre 250 mm e 700 mm
Precipitação/critérios de classificação de Köppen	$10 \times \frac{P}{\text{Limite}}$ > Precipitação anual total > $5 \times \frac{P}{\text{Limite}}$
Períodos de chuva (meses)	Junho a setembro, 80% da precipitação

2.3. Classificação do clima baseada na informação obtida do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

Com os dados referente ao período de 2007 a 2016, fornecidos pelo INMG, sobre a precipitação (dados de todas as ilhas), a temperatura (mínima e máxima), a humidade relativa e a velocidade do vento nas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Sal e Santiago, procedeu-se à caracterização do clima de Cabo Verde.

2.3.1. Análise da temperatura

No gráfico 1 encontram-se representadas a temperatura média mensal máximas e a temperatura média mensal mínimas, no período de 2007 a 2016, ocorridas em Cabo Verde.

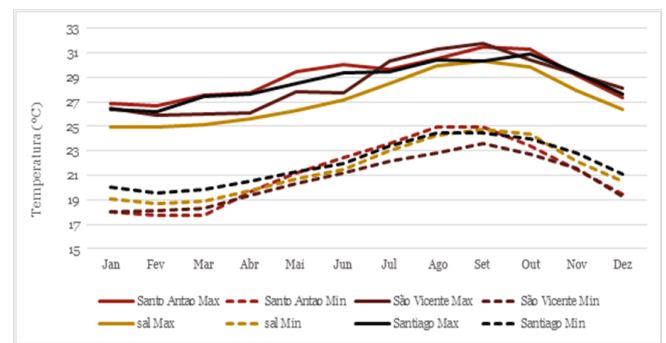


Gráfico 1: Temperatura média máxima e mínima, anual em (°C), de 2007 a 2016

A temperatura média anual é sempre superior a 18°C, exceto no caso da ilha de Santo Antão, onde ocorre temperaturas inferiores a 18°C.

2.3.2. Análise da precipitação

De acordo com os dados apresentados no gráfico 2, a precipitação média anual em Cabo Verde está entre 300-600mm, sendo que a menor precipitação ocorre no Sal (100 mm) e a maior no Fogo (650 mm).

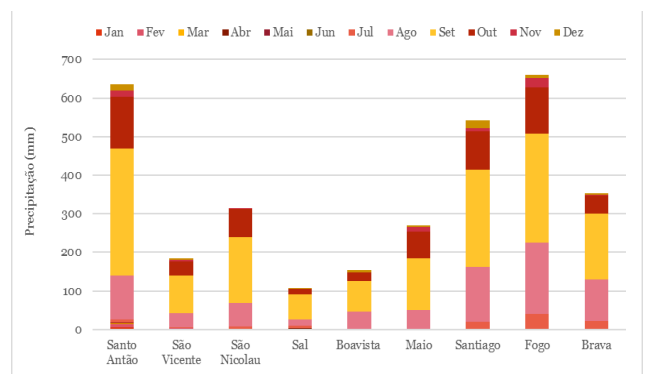


Gráfico 2: Precipitação média anual (mm)

2.3.3. Análise da Humidade Relativa

No gráfico 3 encontra-se representada a humidade média mensal máximas e a humidade média mensal mínimas, no período de 2007 a 2016, ocorrido em Cabo Verde.

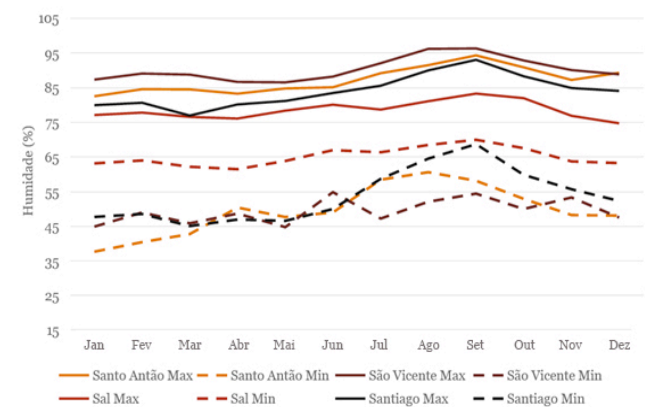


Gráfico 3: Média mensal das Humidades Relativas máximas e mínimas (%)

De acordo com os dados apresentados no gráfico acima, a ilha do Sal apresenta uma amplitude menor da variação da humidade relativa com valores entre os 60% a 80%, enquanto que nas restantes ilhas a amplitude de variação está entre 40% a 95%.

2.3.4. Análise da velocidade do vento

A média mensal da velocidade do vento, para o período de 2007 a 2016, é apresentada no gráfico 4.

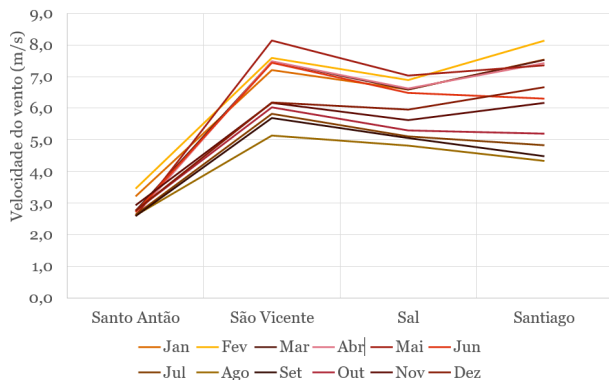


Gráfico 4: Média mensal da velocidade do vento (m/s)

De acordo com o gráfico São Vicente, Sal e Santiago apresentam elevadas velocidades do vento, principalmente nos meses de inverno, o que se traduz em grande potencial para o arrefecimento passivo com a ventilação natural. A ilha de Santo Antão apresenta baixa velocidade de vento, consequentemente fraco potencial para a ventilação natural ou para o aproveitamento da energia eólica.

2.4. Clima Adotada para o CEEE

Para o CEEE, foram adotadas as seguintes características climáticas:

- Clima - quente e seco
- Precipitação - Tipo deserto
- Temperatura média anual - acima de 18 graus Celsius

Para as simulações foram utilizados dados meteorológicos da ilha do Sal, que representam o clima típico de Cabo Verde.

3. Estratégias de design bioclimático nos edifícios

O design bioclimático refere-se a espaços ou construções que têm em consideração o clima do local. O objetivo incide em proporcionar conforto aos ocupantes, usando recursos naturais. O foco é incorporar estratégias de design passivo que utilizam o sol, vento, vegetação, etc., para proporcionar conforto térmico e visual adequado dentro do prédio. O design bioclimático deve ser incorporado e decidido numa fase inicial do projeto de forma a maximizar o potencial de poupança de energia, tendo em consideração as condições microclimáticas e incluindo os seguintes princípios:

- Retenção de calor no inverno e libertá-lo no verão
- Uso de energia solar para aquecimento no inverno e iluminação natural
- Proteção contra radiação solar incidente no verão, usando sombreamento e construção de fachadas apropriadas
- Remoção de calor dos edifícios no verão através de técnicas de refrigeração passivas
- Melhorar as condições interiores do edifício para proporcionar conforto, melhorando a ventilação cruzada, a iluminação natural ideal e o ar fresco, mantendo a temperatura interna de conforto

- Melhorar o microclima em torno do edifício e melhorar o ambiente da construção, utilizando materiais locais sustentáveis, recorrendo à vegetação e promovendo a reutilização e a reciclagem de materiais.

As estratégias para o design bioclimático são decididas na fase de projeto e, se incorporadas, ajudam a reduzir o consumo de energia do edifício e a pegada de carbono do edifício, no geral.

O clima local condiciona o comportamento do edifício e consumo de energia pode ser muito superior se o projeto não levar em consideração este aspeto. O design de qualquer edifício tem igualmente um papel fundamental na definição das suas características pós-comissionamento.

Para alcançar uma solução ideal de design bioclimático para Cabo Verde, foram seguidos os seguintes passos:

1. Revisão da diretiva da CEDEAO para a eficiência energética nos edifícios;
2. Revisão do Código Técnico da Edificação de Cabo Verde;
3. Simulação e dedução dos componentes importantes do design bioclimático.

3.1. Estratégias de design Bioclimático de acordo com a Diretiva CEDEAO

A diretiva para a eficiência energética em edifícios centra-se e enfatiza o design bioclimático. O objetivo principal é alcançar a sustentabilidade na construção, implementando estratégias bioclimáticas durante a fase de projeto. De acordo com a diretriz da CEDEAO, os principais parâmetros das estratégias de design bioclimáticas são:

- Design sensível ao clima, para aumentar a adaptabilidade da construção de acordo com o ambiente construído
- Redução da iluminação artificial, aumentando a utilização da luz do dia
- Ventilação para proporcionar conforto térmico aos ocupantes
- Diminuição do consumo de energia do edifício, integrando estratégias de design passivo no projeto
- Reduzir o uso de energia não renovável e aumentar a utilização de energia renovável
- Minimizar a pegada de carbono do edifício
- Utilização de materiais locais
- Uso do ambiente natural como o sol, o vento, a vegetação, etc. de forma a proporcionar condições confortáveis no interior
- Utilização de energia solar e ter em consideração a orientação e radiação solar no design
- Orientação para utilizar o vento natural e alcançar um ambiente interior confortável

3.2. Estratégias de design bioclimáticos, de acordo com o CTE de Cabo Verde

Em Cabo Verde, o Código Técnico da Edificação tem 163 artigos, dos quais os artigos 13º, 23º, 25º, 38º, 39º, 40º, 41º, 42º e 43º focam-se nos aspetos de design bioclimático para os edifícios.

Os principais parâmetros de cada Artigo são:

Artigo 13º	• Contribuir para a melhoria ambiental • Considerar a morfologia urbana e a tipologia de arquitetura existente
Artigo 23º	• Incentivar ao uso da luz natural ou exposição solar • Incentivar a ventilação natural
Artigo 25º	• Altura do tecto e da fachada adequada, para que ocorra uma ventilação cruzada e movimento do ar eficiente dentro do edifício/espaco
Artigo 38º	• Estanquidade à água
Artigo 39º	• Qualidade do ar interior
Artigo 40º	• Material de construção ambientalmente favorável
Artigo 41º	• Circulação do ar natural, mecânica ou híbrida
Artigo 42º	• Luz natural e ventilação
Artigo 43º	• Insolação na sala de estar

3.3. Componentes importantes do design bioclimático

Para o design bioclimático, as componentes abaixo apresentadas são as mais importantes a serem consideradas durante a conceção de projetos de edifícios eficientes, do ponto de vista do consumo energético.

Os detalhes de cada componente são apresentados a seguir.

3.3.1. Orientação

A orientação dos edifícios desempenha um papel importante na redução da radiação solar incidente nas fachadas envolventes, reduzindo o ganho de calor solar no edifício. É, mais crítico, nos climas quentes e secos, onde o objetivo principal é reduzir o aquecimento. A orientação ideal pode ser identificada com base na análise da radiação solar para cada direção cardeal, analisando a trajetória do sol com recurso a um software de simulação para computadores como o Green Building Studio®.

Para realizar essa análise devem ser fornecidos um conjunto de inputs ao software de simulação. Neste capítulo é formulada uma breve visão geral da orientação ideal para Cabo Verde.

3.3.1.1. Inputs para a análise da radiação solar

Para a realização da análise de radiação solar no software de simulação de edifício verdes, são necessários os seguintes inputs:

- Localização: Cabo Verde
- Latitude: 16,7 N
- Longitude: 23,0 W
- Fuso horário: -1 GMT
- Tamanho do edifício = 20,1 m X 20,1 m
- Faixa de tempo de estudo: Nascer do Sol ao Por do Sol
- Rácio de Janela-Parede (WWR) = 40%
- Área de parede em cada direção = 416 m² (Aproximadamente)
- Data do Estudo: 1 de outubro a 20 de julho (estação seca) e 21 de julho a 30 de setembro (estação húmida)

3.3.1.2. Análise do pico e da média da radiação solar

A análise da radiação solar (Figura 2) demonstra que a menor radiação é recebida na fachada voltada a norte, seguindo a direção sul (200-400 Wh/m²) durante a estação húmida. A radiação máxima é recebida na fachada oriental e na fachada ocidental (500-600 Wh/m²). No entanto, na estação seca, a radiação recebida pela fachada sul também é muito elevada. Nos gráficos 5 e 6 podemos ver os valores picos e médios da Radiação solar incidente para as estações secas e húmidas, respetivamente.

Com base na análise, recomenda-se que as fachadas mais longas do edifício façam face às direções cardeais Norte-Sul e as fachadas mais curtas devem estar de frente para as direções Este-Oeste. A radiação na fachada sul pode ser combatida pela aplicação de um sombreamento externo ideal. O sombreamento ajudará a reduzir o aquecimento através da fachada sul.

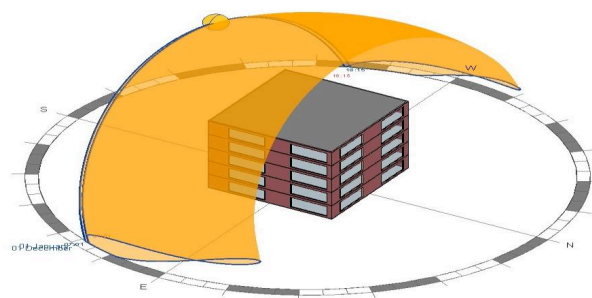


Figura 2: Análise da radiação solar, Fonte: Green Building Studio®

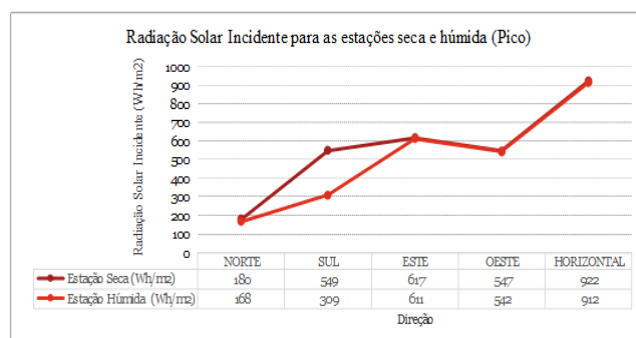


Gráfico 5: Pico de Radiação Solar em Cabo Verde

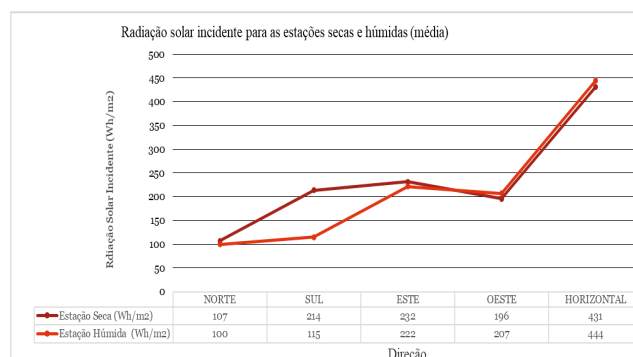


Gráfico 6: Média da Radiação Solar em Cabo Verde

3.3.1.3. Informação deduzida sobre orientação ideal de edifícios em Cabo Verde

A fachada Norte recebe a menor radiação solar durante a estação húmida e seca. A fachada Sul recebe baixa radiação durante a estação húmida. No entanto, durante a estação seca, a fachada Sul também recebe uma elevada radiação solar. As fachadas Leste e Oeste recebem radiação

solar muito elevada ao longo do ano. A melhor orientação para Cabo Verde é o alinhamento Norte-Sul das fachadas mais longas do edifício, juntamente com elementos de sombreamento na fachada Sul.

Caso a orientação ideal não seja possível, várias estratégias podem ser adotadas nomeadamente:

- Redução do rácio janela-parede (WWR) nas fachadas Leste e Oeste;
- Uso de sombreamento externo para minimizar o efeito da radiação solar incidente;
- Adequar zoneamento de modo a evitar espaços habitáveis nas fachadas Leste e Oeste;
- Uso de saliências ou aletas verticais.

3.3.2. Iluminação natural

A integração da iluminação natural consiste em controlar a admissão de luz solar difusa nos espaços dos edifícios. Cerca de 10% da energia total consumida no edifício pode ser reduzida, incorporando a iluminação natural, que também contribui para o aumento da produtividade e conforto visual dos ocupantes.

O objetivo da aplicação do sistema de iluminação natural deve ser decidido ainda na fase de projeto, focalizando nos seguintes aspetos:

- Redirecionamento da iluminação para zonas pouco iluminadas, de forma a reduzir os ganhos de calor solar;
- Aproveitamento e redirecionamento da luz natural para a iluminação de tarefas;
- Melhoria do conforto visual, evitando o brilho ou reflexo da luz; e
- Redução do uso de iluminação artificial e redução dos picos de procura de energia.

3.3.2.1. Fatores para o dimensionamento da iluminação natural

Os fatores-chaves que devem ser considerados para a conceção do sistema de iluminação natural estão listados em baixo. A avaliação desses fatores ajuda a identificar o design ou o sistema de iluminação ideal para o edifício.

- Condições da iluminação natural do local;
- Objetivos da iluminação natural;
- Estratégias de iluminação natural assumidas/adotadas no projeto arquitetónico;
- Esquema e função das janelas;
- Redução do consumo de energia;
- Restrições operacionais;
- Restrições de integração;
- Restrições económicas.

3.3.2.2. Tipos de sistemas de iluminação natural

Existem dois tipos de sistemas de iluminação natural:

1. Sistemas de iluminação natural com sombreamento
2. Sistemas de iluminação natural sem sombreamento:
 - a. Sistema de orientação de luz difusa;
 - b. Sistema de orientação de luz direta;
 - c. Sistema de dispersão de luz;
 - d. Sistema de transporte de luz.

Qualquer sistema de iluminação natural consiste numa combinação de diferentes tecnologias e soluções arquitetónicas. Dos componentes enumerados em baixo, um ou mais, estão tipicamente presentes nos sistemas de iluminação natural. A viabilidade do projeto, os objetivos de iluminação natural e a viabilidade económica devem ser analisados para essas componentes, para cada edifício/projeto.

1. Área construída otimizada para o aproveitamento da luz natural;
2. Rácio Janela-Parede adequado ao clima local;
3. Vidro eficiente, conforme os requisitos mínimos de Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar definidos no capítulo 4;
4. Dispositivos de iluminação natural;
5. Dispositivos de sombreamento solar;
6. Controlos de iluminação sensíveis a luz do dia;
7. Design de interiores otimizado para a luz do dia.

3.3.2.3. Recomendações para iluminação natural

Durante as fases do projeto, as seguintes estratégias de dimensionamento devem ser exploradas:

- Aumento do perímetro das zonas de iluminação natural através da adoção de placas de piso estreitas, maximizando a área útil com iluminação natural;
- Adoção de estratégias para permitir uma maior penetração da luz natural no espaço. Janelas colocadas mais altas na parede ou claraboias resultarão numa penetração mais profunda da luz;
- Reflexão da luz natural dentro do espaço para aumentar a luminosidade do compartimento;
- Evitar a radiação solar direta em áreas de tarefas críticas;
- Escolhida orientação dos edifícios de forma a se beneficiarem de diferentes estratégias de iluminação natural.

Os requisitos de iluminação natural, que devem ser considerados durante a fase de projeto, são os seguintes:

1. Aproveitamento da Iluminação natural em pelo menos 70% do edifício;
2. Níveis de iluminância em diferentes áreas de ocupação, de acordo com a Tabelas 3;
3. Níveis de iluminância para o conforto visual para desempenhar uma atividade, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 3 - nível de iluminação em diferentes áreas

Área de ocupação	Iluminância (lux)
Edifícios de Educação	
Salas de Aula	300
Salas de desenho técnico	750
Salas de computadores	300
Lojas de retalho	
Áreas de vendas	300

Área de ocupação	Iluminância (lux)
Hotéis e restaurantes	
Cozinha	500
Sala de jantar	300
Área de self-service	200
Salas de conferências	500
Edifícios de Saúde	
Iluminação geral	100
Iluminação de leitura	300
Exames simples	300
Exames e tratamentos	1000
Escritórios	
Reprografia	300
Escrever, dactilografar, ler	500
Desenho técnico	750
Salas de conferências e reuniões	500
Recepção	300
Arquivos	200
Salas de teatros e concertos	
Vestuários	300
Recepção	200
Auditório	100
Outros espaços	
Elevadores	100
Corredores e escadas	100
Lavabos	100
Cantinas	300
Planta / sala mecânica	150-300
Armazéns	100

Fonte: BS EN 12464-1:2002, Part 1

Tabela 4 - nível de iluminação para diferentes atividades

Atividade	Iluminância (lux)	Área
Visão Casual	100	Corredores, vestiários, lojas
Alguma percepção de detalhe	150	Locais de carga, casa das máquinas
Tarefas visuais simples	200	Hall de entrada, salas de refeições
Tarefas visuais moderadamente simples	300	Livrarias, Salas de leitura, salas de desporto
Tarefas visuais moderadamente difíceis	500	Cozinha, Laboratório
Tarefas visuais difíceis	750	Gabinete de desenho, inspeções de carne
Tarefas visuais muito difíceis	1000	Montagem eletrónica, trabalhos de pintura, supermercados
Tarefas visuais extremamente difíceis	1500	Montagem de precisão, trabalhos finos

Fonte: BS EN 12464-1:2002, Part 1

Ter em consideração que os níveis de iluminância requeridos podem ser alcançados com uma combinação de iluminação natural e artificial.

3.3.3. Sombreamento

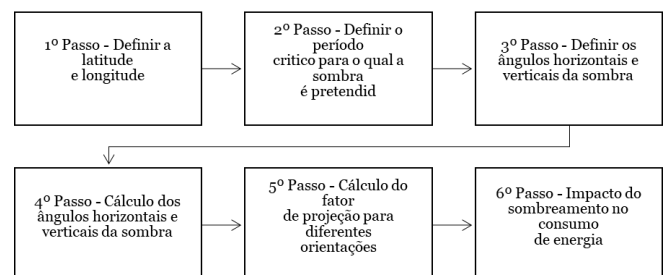
O sombreamento desempenha um papel importante para atingir os objetivos de um design bioclimático num clima quente e seco. Um dos princípios essenciais para o design sensível ao clima, tendo em consideração a posição do sol, consiste na utilização de dispositivos que otimizam o sombreamento. Num clima quente e seco, é importante reduzir o aquecimento proveniente da radiação solar na fachada do edifício. O sombreamento protege a fachada do edifício da radiação solar incidente e, assim, reduz o aquecimento do edifício.

Para determinar o efeito do sombreamento nos consumos de energia nos edifícios, foi feita a análise das opções de sombreamento para diferentes orientações, com as seguintes etapas:

- Simulações para encontrar os ângulos de sombreamento críticos para Cabo Verde;
- Simulações de energia com vários projetos de sombreamento;

3.3.3.1. Opções de sombreamento para diferentes orientações

O desenho dos dispositivos de sombreamento para diferentes localizações altera-se com base na localização geográfica do edifício e da orientação das fachadas. Cada fachada pode exigir um tratamento diferente e o requisito de sombreamento pode variar de acordo com a direção da fachada. Além disso, o desenho do sistema de sombreamento pode variar dependendo do período para o qual a redução do aquecimento é crítica e desejada. As etapas para alcançar um design de sombreamento ideal são apresentadas de seguida:



Para Cabo Verde, o período crítico pode ser considerado nos meses de março, abril, julho, agosto, setembro, outubro e novembro, meses onde a média da temperatura máxima está acima da faixa de temperatura de conforto, conforme mostrado abaixo na Figura 3.

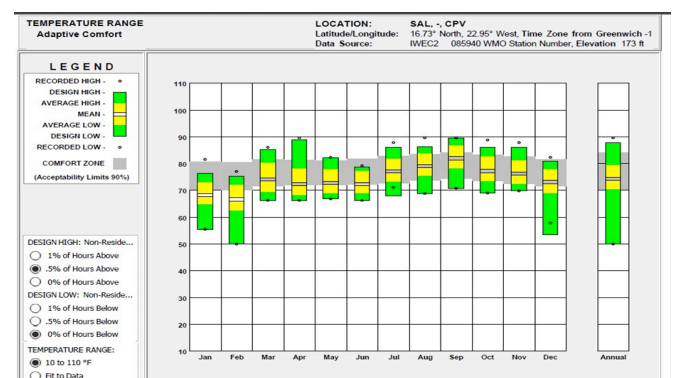


Figura 3: Gama de temperatura (em °F) confortável para o Modelo de Conforto Adaptativo (fonte: Consultor Climático)

Ao projetar dispositivos de sombreamento é necessário estabelecer os ângulos de corte solar e que dependem da posição do sol e da orientação da fachada. Os ângulos de corte solar dividem-se em Ângulos de Sombra Horizontal e de Sombra Vertical:

- Ângulo de Sombra Horizontal

O Ângulo de Sombra Horizontal (HSA) é relevante para dispositivos de sombreamento vertical, como aletas. É o ângulo entre a normal do painel da janela e o azimute do sol, conforme ilustrado na Figura 4.

O HSA é calculado da seguinte forma:

$$HSA = \text{Azimute} - \text{Orientação}$$

- Ângulo de Sombra Vertical

Se se imaginar um plano virtual entre os cantos inferior esquerdo e direito da janela e o sol, então o VSA é o ângulo que este plano forma com o plano terrestre, conforme indicado na Figura 4. O VSA é necessário ao projetar dispositivos horizontais de sombreamento, tal como as saliências.

O VSA é calculado da seguinte forma:

$$VSA = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(ALT)}{\cos(HSA)}\right)$$

Onde:

VSA – ângulo de sombra vertical

HSA – ângulo de sombra horizontal;

ALT - Altura solar

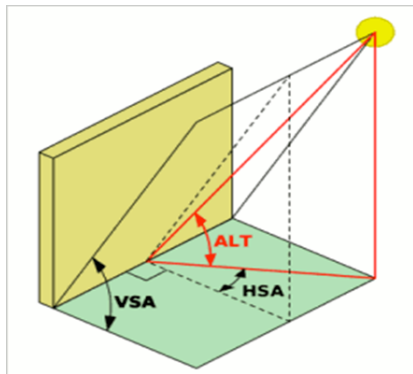


Figura 4- Ilustração demonstrando o HSA e o VSA (Fonte: https://www.new-learn.info/packages/clear/visual/daylight/analysis/hand/shadow_angles.html)

Os períodos críticos são considerados como os dias 21 de março, 21 de junho e 21 de dezembro, pois o ângulo de incidência solar é maior nesses dias. Isto significa que se os elementos de sombreamento estiverem desenhados para esses ângulos, para diferentes direções, a fachada não terá luz solar direta sobre eles. No entanto, para a direção Leste e Oeste, não é possível protegê-los completamente até a fachada estar totalmente coberta com o dispositivo de sombreamento.

Na Tabela 5 podemos ver os valores dos ângulos para os períodos críticos.

Tabela 5 - Ângulos de corte solar para períodos críticos

Orientação da fachada	Período Crítico												Ângulos	
	21-Mar		21-Jun		21-Dec		21-Mar		21-Jun		21-Dec		HSA	VSA
	11:00	16:00	11:00	16:00	11:00	16:00	11:00	16:00	11:00	16:00	11:00	16:00		
Norte	95,57	198,26	71,58	318,82	119,59	190,43	105,35	106,15	56,94	83,12	155,35	130,32	71,58	56,94
Sul	-84,43	18,26	-108,42	138,82	-60,41	10,43	74,65	73,85	123,06	96,88	24,65	49,68	10,43	24,65
Este	5,57	108,26	-18,42	228,82	29,59	100,43	109,4	44,2	114,74	13,67	101,15	78,15	5,57	13,67
Oeste	-174,43	-71,74	-198,42	48,82	-150,41	-79,57	70,6	135,8	65,26	166,33	78,85	101,85	48,82	65,26
Nordeste	50,57	153,26	26,58	273,82	74,59	145,43	143,07	149,18	158,84	84,74	112,86	174,9	26,58	84,74
Noroeste	-219,43	-116,74	-243,42	3,82	-195,41	-124,57	110,25	76,51	98,81	125,84	121,3	87,6	3,82	76,51
Sudeste	-39,43	63,26	-63,42	183,82	-15,41	55,43	69,75	103,49	81,19	54,16	58,7	92,4	15,41	54,16
Sudoeste	-129,43	-26,74	-153,42	93,82	-105,41	-34,57	36,93	30,82	21,16	95,26	67,14	5,1	26,74	5,1

Para o sombreamento horizontal (saliências única/múltipla) foi calculado o VSA e para o sombreamento vertical (aletas laterais) foi calculado o HSA. A fachada Norte não requer dispositivos de sombreamento, mas para as fachadas Sul, Leste e Oeste, os dispositivos de sombreamento são necessários durante todo o ano, conforme resumido na Tabela 6.

Tabela 6 - Ângulos de corte solar para Cabo Verde

Orientação da fachada	Ângulo de corte solar (em graus)		Desempenho
	VSA	HSA	
<i>Norte</i>	Os dispositivos não são necessários pois a radiação direta do sol ocorre por um período de tempo menor e a uma altitude inferior		
<i>Sul</i>	30	30	Sombreamento das 11 horas às 16 horas
<i>Este</i>	30	30	Sombreamento a partir das 11 horas em diante
<i>Oeste</i>	65	48	Sombreamento até as 16 horas
<i>Nordeste</i>	85	30	Sombreamento a partir das 11 horas em diante
<i>Noroeste</i>	76	30	Sombreamento até as 16 horas
<i>Sudeste</i>	54	30	Sombreamento a partir das 11 horas em diante
<i>Sudoeste</i>	30	30	Sombreamento até as 16 horas

O tamanho das saliências horizontais e das aletas verticais para o sombreamento completo das janelas nas diferentes orientações estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Tamanho dos dispositivos de sombreamento

Orientação da fachada	Ângulo de corte solar (em graus)		Saliência horizontal (m)	Aleta vertical (m)
	VSA	HSA		
<i>Norte</i>	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável	Não Aplicável
<i>Sul</i>	30	30	3,5	5,0
<i>Este</i>	30	30	3,5	5,0
<i>Oeste</i>	65	48	0,98	2,5
<i>Nordeste</i>	85	30	0,18	5,0
<i>Noroeste</i>	76	30	0,51	5,0
<i>Sudeste</i>	54	30	1,50	5,0
<i>Sudoeste</i>	30	30	3,50	5,0

Foram realizadas simulações para diferentes comprimentos das saliências para ver o impacto do sombreamento no consumo de energia. A construção de saliências com maior comprimento pode ser complicada, podendo reduzir a área útil do piso. Portanto, o comprimento máximo da saliência considerado para as simulações foi 600 mm. Os resultados para diferentes tamanhos de saliências são demonstrados na Tabela 8 (edifícios com ocupação diurna) e na Tabela 9 (Edifícios com ocupação diurna e noturna).

Tabela 8: Impacto do sombreamento no consumo de energia para edifícios com ocupação diurna

Sombreamento	Potência máxima de eletricidade (kW)	Pico de procura de refrigeração (kW)	Consumo anual (kWh)	Índice de Performance Energético (EPI)	
				kWh/m ² /ano	% redução
<i>Situação Base (Sem saliências)</i>	214	180	397 753	196.6	0%
<i>Saliência 100mm</i>	209	176	390 808	193.1	2%
<i>Saliência 200mm</i>	207	178	387 533	191.5	3%
<i>Saliência 300mm</i>	204	175	381 415	188.5	4%
<i>Saliência 400mm</i>	202	172	375 418	185.5	6%
<i>Saliência 600mm</i>	195	167	365 156	180.5	8%

Tabela 9: Impacto do sombreamento no consumo de energia para edifícios com ocupação diurna e noturna

Sombreamento	Potência máxima de eletricidade (kW)	Pico de procura de refrigeração (kW)	Consumo anual (kWh)	Índice de Performance Energético (EPI)	
				kWh/m ² /ano	% redução
<i>Situação - Base (Sem saliências)</i>	216	184	883 829	436,8	0%
<i>Saliência 100mm</i>	212	180	869 831	429,9	2%
<i>Saliência 200mm</i>	208	177	857 847	424,0	3%
<i>Saliência 300mm</i>	204	174	845 695	418,0	4%
<i>Saliência 400mm</i>	200	171	834 596	412,5	6%
<i>Saliência 600mm</i>	195	166	815 538	403,0	8%

Com base nos resultados da simulação, verifica-se que existe a possibilidade de reduzir o consumo de energia aplicando várias opções de sombreamento.

3.3.4. Rácio Janela-Parede (WWR)

O rácio entre a janela e a parede (WWR) é definida como a proporção da área total da janela em relação a área total da parede externa.

Para analisar o impacto do sombreamento no consumo de energia, foram consideradas e simuladas várias configurações de WWR (10% a 90%), conforme visível na Tabela 10.

Tabela 10: Impacto do rácio entre janela e parede no consumo de energia

WWR	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	Índice de Performance Energético (EPI)	
				kWh/m2/ano	% de redução do EPI
<i>Situação Base (WWR 40%)</i>	180	51	397 753	199,6	
WWR 10%	140	40	324 967	160,6	18%
WWR 20%	151	43	347 042	171,5	13%
WWR 30%	166	47	370 587	183,1	7%
WWR 50%	188	53	425 608	210,3	%-7%
WWR 60%	203	58	452 014	223,4	-14%
WWR 70%	218	62	477 709	236,1	-20%
WWR 80%	232	66	502 725	248,5	-26%
WWR 90%	247	70	527 781	260,8	-33%

Para Cabo Verde, é recomendado um WWR entre 30% e 40% para edifícios com ocupação diurna e com ocupação diurna e noturna.

3.3.5. Ventilação

A ventilação é um pré-requisito para manter uma boa qualidade do ar interior e evitar quaisquer riscos para a saúde dos ocupantes, pois ela permite a renovação do ar dentro do edifício.

Atualmente não existe um regulamento específico sobre os requisitos da qualidade de ar no edifício ou em outros espaços. No entanto, o Código Técnico da Edificação (CTE) estabelece que a construção de novos edifícios ou quaisquer intervenções em edifícios existentes deve ser executado de modo a garantir a ventilação. O CTE também estabelece que os edifícios devem ser projetados, construídos e mantidos de forma a garantir que a qualidade do ar no seu interior seja continuamente própria à ocupação humana, evitando acumulação de substâncias perigosas para a saúde e cheiros incómodos. A diretriz da CEDEAO para a eficiência energética nos edifícios enfatiza a exigência da ventilação como parte do projeto de construção.

Recomenda-se que os edifícios abrangidos pelo CEEE, sigam os standards e especificações para a qualidade do ar fresco e do ar interior de acordo com a norma ASHRAE 62.1. As taxas mínimas de ventilação e as taxas de exaustão devem estar conforme a Tabela 6.1 e a Tabela 6.4 no standard ASHRAE 62.1, respetivamente.

As taxas mínimas de ventilação de ar exterior, para zonas de fumadores e não fumadores, devem estar em conformidade com a Tabela 11.

Tabela 11- Taxa de ar exterior por pessoa e níveis em zonas de fumadores e não fumadores e níveis de CO₂ em salas

Categoria	Descrição	Taxa de ar exterior (l/s por pessoa) – área para fumadores	Taxa de ar exterior (l/s por pessoa) – área para não fumadores	Nível de CO ₂ acima do nível do ar exterior em ppm
IDA 1	Alta qualidade do ar interior	>30	>15	<400
IDA 2	Qualidade do ar interior média	20 – 30	10 - 15	400 - 600
IDA 3	Qualidade do ar interior moderada	12 – 20	6 - 10	600 – 1000
IDA 4	Baixa qualidade do ar interior	<12	<6	>1000

4. Envolvente do edifício

A envolvente do edifício refere-se à fachada exterior e é constituída por componentes opacos e sistemas de janelas. Os componentes opacos incluem paredes, telhados, lajes em grade (em contato com terra), paredes subterrâneas e portas opacas. Os sistemas de janelas incluem janelas, claraboias, ventiladores e portas que são mais de metade de vidros.

A envolvente do edifício protege o interior e os ocupantes do edifício das condições climáticas e protege-os de outros fatores externos, como ruído, poluição do ar, etc. O desenho da envolvente afeta fortemente o conforto visual e térmico dos ocupantes, bem como o consumo de energia no edifício.

A envolvente do edifício, representada pela linha verde na Figura 5, separa os espaços condicionados dos não condicionados.

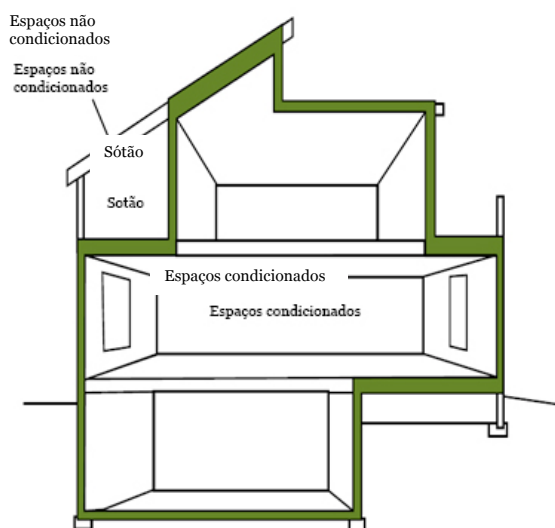


Figura 5 -Elementos da envolvente do edifício

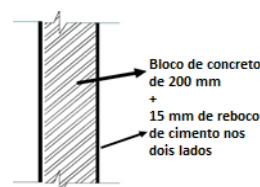


Figura 6 -Constituição das paredes em Cabo Verde

O consumo de energia do edifício pode ser reduzido através da seleção adequada dos materiais de construção das paredes. Para um edifício de média e grande altura, o ganho de calor das paredes é significativo. Portanto, existe um potencial para economizar energia selecionando materiais com características térmicas ótimas para a construção das paredes.

4.1.1.1. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor da parede no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

Para calcular o Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) ideal da parede para edifícios com ocupação diurna, procedeu-se à simulação do impacto no consumo de energia de diferentes valores U da parede, mantendo todos os outros parâmetros da situação base atual inalterados.

Procedeu-se à uma variação entre -90% a +50% do Coeficiente de Transferência de Calor da parede da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício ocupado durante o dia, conforme demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor da parede no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna

Valor U da parede	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
Situação base (3,48 W/m ² .K)	180	51	397 753	196,6
Situação base - 10%	176	50	394 269	194,9
Situação base - 20%	174	50	395 620	195,5
Situação base - 30%	173	49	397 208	196,3
Situação base - 40%	172	49	398 994	197,2
Situação base - 50%	164	47	401 650	198,5
Situação base - 60%	163	46	403 778	199,6
Situação base - 70%	161	46	405 832	200,6
Situação base - 80%	160	45	408 072	201,7
Situação base - 90%	158	45	410 222	202,7
Situação base + 10%	183	52	396 626	196,0
Situação base + 20%	183	52	399 954	197,7
Situação base + 30%	187	53	404 226	199,8
Situação base + 40%	192	55	409 299	202,3
Situação base + 50%	196	56	414 012	204,6

De acordo com os resultados da simulação verifica-se que uma redução de 10% no Coeficiente de Transferência de Calor da parede da situação base resulta em uma diminuição no EPI, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ótimo da parede de um edifício com ocupação diurna é de 3,13 W/(m².K).

4.1.1.2. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor da parede no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

Para calcular o Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) ideal da parede para edifícios com ocupação diurna e noturna, procedeu-se à simulação do impacto no consumo de energia de diferentes valores U da parede, mantendo todos os outros parâmetros da situação base atual inalterados.

Procedeu-se à uma variação entre -90% a +50% do Coeficiente de Transferência de Calor da parede da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor da parede no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna

Valor U da parede	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
Situação base (3,48 W/m ² .K)	216	52	883 829	436,8
Situação base - 10%	180	51	876 256	433,1
Situação base - 20%	179	51	877 851	433,8
Situação base - 30%	171	49	881 319	435,6
Situação base - 40%	170	48	883 449	436,6
Situação base - 50%	169	48	885 891	437,8
Situação base - 60%	168	48	888 343	439,0
Situação base - 70%	167	47	890 574	440,1
Situação base - 80%	165	47	892 872	441,3
Situação base - 90%	164	47	894 919	442,3
Situação base + 10%	186	53	878 809	434,3
Situação base + 20%	186	53	882 422	436,1
Situação base + 30%	191	54	887 373	438,5
Situação base + 40%	195	56	891 871	440,8
Situação base + 50%	199	57	894 716	442,2

De acordo com os resultados da simulação verifica-se que uma redução de 10% no Coeficiente de Transferência de Calor da parede da situação base resulta em uma diminuição no EPI, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ótimo da parede de um edifício com ocupação diurna e noturna é de 3,13 W/(m².K).

4.1.2. Telhados

A radiação solar é elevada em qualquer superfície horizontal, portanto, o telhado de um edifício recebe a radiação solar incidente mais alta anualmente. O consumo de energia do edifício pode ser reduzido através da seleção adequada do material de construção do telhado. Para os edifícios baixos, o aquecimento do telhado é significativo. Portanto, existe um potencial para economizar energia selecionando materiais com características térmicas apropriadas.

Geralmente, a construção do telhado de edifícios em Cabo Verde é feita por uma laje de concreto de cimento reforçado de 200 mm de espessura, coberta por uma betonilha de 25 mm de espessura e aplicação de um material impermeabilizante de 0,5 mm de espessura, conforme a Figura 7.

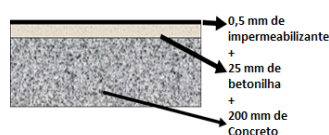


Figura 7 -Constituição dos Telhados em Cabo Verde

Em Cabo Verde há quatro tipos de construção do telhado.

1. Telhado inclinado (telhas)
2. Telhado inclinado (concreto)
3. Telhado plano (concreto)
4. Telhado Misturado (Inclinado e plano)

De entre esses quatro tipos, verificou-se que os edifícios apresentam sobretudo um telhado plano, sendo este tipo considerado como a situação de base para as simulações, cujo Coeficiente de Transferência de Calor foi calculado como sendo 2,84 W/(m².K).

4.1.2.1. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

Para calcular o Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) ideal do telhado para edifícios com ocupação diurna, procedeu-se à simulação do impacto no consumo de energia de diferentes valores U do telhado, mantendo todos os outros parâmetros da situação base atual inalterados.

Procedeu-se à uma variação entre -90% a + 50% do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício ocupado durante o dia, conforme demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna

Valor U do telhado	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
<i>Situação base (2,84 W/m².K)</i>	180	51	397 753	196,6
<i>Situação base - 10%</i>	179	51	397 667	196,5
<i>Situação base - 20%</i>	178	51	397 764	196,6
<i>Situação base - 30%</i>	178	51	398 064	196,7
<i>Situação base - 40%</i>	177	50	398 351	196,9
<i>Situação base - 50%</i>	177	50	398 673	197,0
<i>Situação base - 60%</i>	176	50	398 982	197,2
<i>Situação base - 70%</i>	175	50	399 321	197,3
<i>Situação base - 80%</i>	175	50	399 695	197,5
<i>Situação base - 90%</i>	174	49	400 099	197,7
<i>Situação base + 10%</i>	181	52	398 318	196,9
<i>Situação base + 20%</i>	182	52	398 997	197,2
<i>Situação base + 30%</i>	185	52	401 434	198,4
<i>Situação base + 40%</i>	183	52	403 609	199,5
<i>Situação base + 50%</i>	185	53	406 134	200,7

De acordo com os resultados da simulação verifica-se que uma redução de 10% no Coeficiente de Transferência de Calor do telhado da situação base resulta em uma diminuição no EPI, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ótimo do telhado de um edifício com ocupação diurna é de 2,56 W/ (m². K).

4.1.2.2. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

Para calcular o Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) ideal da parede para edifícios com ocupação diurna e noturna, procedeu-se à simulação do impacto no consumo de energia de diferentes valores U do telhado, mantendo todos os outros parâmetros da situação base atual inalterados.

Procedeu-se à uma variação entre -90% a + 50% do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna, conforme demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do telhado no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna

Valor U do telhado	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
<i>Situação base (2,84 W/m². K)</i>	184	52	883 829	436,8
<i>Situação base - 10%</i>	183	52	883 045	436,4
<i>Situação base - 20%</i>	183	52	882 685	436,2
<i>Situação base - 30%</i>	182	52	882 392	436,1
<i>Situação base - 40%</i>	182	52	882 314	436,0
<i>Situação base - 50%</i>	175	50	883 806	436,8
<i>Situação base - 60%</i>	161	46	883 735	436,8
<i>Situação base - 70%</i>	174	49	883 748	436,8
<i>Situação base - 80%</i>	173	49	883 755	436,8
<i>Situação base - 90%</i>	172	49	883 669	436,7
<i>Situação base + 10%</i>	185	53	885 616	437,7
<i>Situação base + 20%</i>	186	53	887 243	438,5
<i>Situação base + 30%</i>	188	54	891 524	440,6
<i>Situação base + 40%</i>	186	53	897 772	442,1
<i>Situação base + 50%</i>	189	54		443,7

De acordo com a simulação verifica-se que uma redução de 40% no Coeficiente de Transferência de Calor do telhado da situação base resulta em uma diminuição no EPI, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ótimo do telhado de um edifício com ocupação diurna e noturna é de 1,70 W/ (m². K).

4.1.3. Janelas

As janelas podem afetar significativamente o consumo de energia de um edifício. O vidro permite que o calor penetre dentro do edifício e se mantenha ali, não permitindo que o calor se dissipe de novo no ambiente. Portanto, a seleção de materiais com as propriedades desejadas é crucial para reduzir o consumo de energia do edifício. Para o clima de Cabo Verde, é importante que o aquecimento do vidro seja reduzido para evitar o aquecimento do interior do edifício.

Geralmente, as janelas dos edifícios de Cabo Verde são constituídas por um vidro transparente de 6 mm, ou uma caixilharia de madeira ou alumínio. A Tabela 16 apresenta os tipos de vidros normalmente disponíveis em Cabo Verde.

Tabela 16: Tipos de vidros disponíveis em Cabo Verde

Vidro	Tipo	Espessura (mm)
<i>Simples</i>	Simples	3 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm e 10 mm
<i>Temperado</i>	Simples	6 mm, 10 mm e 15 mm
<i>Laminado</i>	Duplo	3 mm, 4 mm, 5 mm, e 6 mm

Entre estes três, os edifícios utilizam, sobretudo, vidro simples de 6mm nas janelas. Assim, foi considerado como situação base de construção da janela, o conjunto constituído pelo vidro simples de 6mm, com caixilharia de madeira ou alumínio sem sombreamento externo, cujo Coeficiente de Transferência de Calor calculado, a partir da lista com as características térmicas dos materiais, é 7,72 W/(m².K).

Para calcular o Coeficiente de Transferência de Calor ideal do vidro e do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar do vidro para edifícios com ocupação diurna e ocupação diurna e noturna, procedeu-se à simulação do impacto no consumo de energia de diferentes Coeficientes de Transferência de Calor de vidro e diferentes Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar de vidro, mantendo todos os outros parâmetros da situação base atual inalterados.

4.1.3.1. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do vidro no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

Procedeu-se à uma variação entre -10% a + 10% do Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) do vidro da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna, conforme demonstrado na Tabela 17.

O Coeficiente de Transferência de Calor aqui considerado é o Coeficiente de Transferência de Calor no centro do vidro. O Coeficiente de Transferência de Calor do conjunto da janela pode variar dependendo do tipo de caixilharia usado e das áreas da caixilharia e do vidro.

Tabela 17- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do vidro no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna

Valor U do vidro	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
<i>Situação base (7,72 W/m². K)</i>	180	51	397 753	196,6
<i>Situação base - 10%</i>	179	51	399 871	197,6
<i>Situação base - 20%</i>	178	51	401 868	198,6
<i>Situação base - 30%</i>	177	50	404 119	199,7
<i>Situação base - 40%</i>	176	50	406 681	201,0
<i>Situação base - 50%</i>	175	50	409 688	202,5
<i>Situação base - 60%</i>	174	50	413 048	204,1
<i>Situação base - 70%</i>	173	49	417 130	206,2
<i>Situação base - 80%</i>	172	49	421 742	208,4
<i>Situação base - 90%</i>	170	48	427 149	211,1

De acordo com os resultados da simulação verifica-se que uma redução no EPI com a diminuição do Coeficiente de Transferência de Calor, no entanto a análise do custo-benefício mostra que não é viável essa intervenção, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ideal do vidro para edifícios com ocupação diurna é 7,72 W/(m².K).

4.1.3.2. Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do vidro no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

Procedeu-se à uma variação entre -90% a + 50% do Coeficiente de Transferência de Calor (Valor U) do vidro da situação base e foi analisado o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna, conforme demonstrado na Tabela 18.

O Coeficiente de Transferência de Calor considerado aqui é o Coeficiente de Transferência de Calor no centro do vidro. O Coeficiente de Transferência de Calor geral do conjunto da janela pode variar dependendo do tipo de caixilharia usado e das áreas da caixilharia e do vidro.

Tabela 18- Impacto do Coeficiente de Transferência de Calor do vidro no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna

Valor U do vidro	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
<i>Situação base (7,72 W/m². K)</i>	184	52	883 829	436,8
<i>Situação base - 10%</i>	183	52	887 112	438,4
<i>Situação base - 20%</i>	182	52	890 822	440,3
<i>Situação base - 30%</i>	181	52	896 261	442,9

Valor U do vidro	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
Situação base - 40%	181	51	901 035	445,3
Situação base - 50%	180	51	906 527	448,0
Situação base - 60%	178	51	413 048	451,0
Situação base - 70%	177	50	912 505	454,3
Situação base - 80%	176	50	927 377	458,3
Situação base - 90%	175	50	936 349	462,8

De acordo com os resultados da simulação verifica-se que uma redução do Coeficiente de Transferência de Calor do vidro não resulta em uma diminuição do EPI, pelo que o Coeficiente de Transferência de Calor ideal do vidro para edifícios com ocupação diurna e noturna é 7,72 W/(m².K).

4.1.3.3. Impacto do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar do vidro no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

Procedeu-se à uma variação do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar do vidro entre os valores 0,5 e 0,9 (situação atual) e analisou-se o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna, conforme demonstrado na Tabela 19.

O Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar pode ser diminuído, cobrindo a área do vidro e restringindo a radiação solar incidente na superfície do vidro. No entanto, isso reduziria ainda mais a visibilidade através das janelas e fenestras. Assim, para efeitos da análise do impacto no consumo de energia, um valor de Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar abaixo de 0,5 não foi considerado porque significaria o aumento da área de sombreamento sobre o vidro.

Tabela 19- Impacto do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar (SHGC) do vidro no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna

SHGC do vidro	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))	% redução do EPI
Situação base (0,9)	180	51	397 753	196,6	-----
0,8	174	49	383 207	189,4	4%
0,7	167	48	368 629	182,2	7%
0,6	161	46	354 074	175,0	11%
0,5	159	45	345 888	170,9	13%

Com base na simulação, observa-se que o EPI do edifício reduziu 11% quando o Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar (SHGC) do vidro é 0,6. Embora o EPI mais baixo seja alcançado com um Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar de 0,5 na prática esta redução não é rentável e é muito difícil de alcançar.

4.1.3.4. Impacto do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar do vidro no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

O Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar pode ser diminuído, cobrindo a área do vidro e restringindo a radiação solar incidente na superfície do vidro. No entanto, isso reduziria ainda mais a visibilidade através das janelas e fenestras. Assim, para efeitos da análise do impacto no consumo de energia, um valor de Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar abaixo de 0,5 não foi considerado porque significaria o aumento da área de sombreamento sobre o vidro.

Procedeu-se à uma variação do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar do vidro entre os valores 0,5 e 0,9 (situação atual) e analisou-se o impacto dessa variação no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna, conforme demonstrado na Tabela 20.

Tabela 20- Impacto do Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar (SHGC) do vidro no consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna

SHGC do vidro	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))	% redução do EPI
Situação base (0,9)	184	52	883 829	436,8	-----
0,8	178	51	856 702	423,4	3%
0,7	171	49	828 631	409,5	6%
0,6	158	45	777 537	384,3	12%
0,5	165	47	800 236	395,5	9%

Com base nos resultados das simulações, observa-se que o EPI do edifício reduziu 12% quando o Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar (SHGC) do vidro é 0,6 e que a utilização de valores menores de Coeficiente de Ganhos de Aquecimento Solar não implica uma diminuição no consumo de energia do edifício.

A título de resumo, na Tabela 21 são apresentados os requisitos de Coeficiente de Transferência de Calor para os componentes da envolvente dos edifícios.

Tabela 21- Requisitos para a envolvente dos edifícios

Componente	Valor U (limite mínimo)	Valor SHGC (limite mínimo)
<i>Parede energeticamente eficiente</i>	3,13 W/ (m ² .K). - Para edifícios com ocupação diurna e diurna e noturna	Não aplicável
<i>Telhado energeticamente eficiente</i>	2,56 W/ (m ² .K). - Para edifícios com ocupação diurna) 1,70 W/ (m ² .K). - Para edifícios com ocupação diurna e noturna	Não aplicável
<i>Janela energeticamente eficiente (vidro)</i>	7.72 W/ (m ² .K).	0.6

No Anexo 7.1 é fornecida uma lista de materiais de construção de edifícios juntamente com a sua condutividade térmica - λ (W/(m.°C)), densidade aparente - d (kg/m³) e c - *Calor Específico* (J/kg. °C) necessários para estimar o Coeficiente de Transferência de Calor ótimo de cada componente da envolvente dos edifícios.

5. Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

Os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) referem-se aos equipamentos, sistemas de distribuição e terminais que fornecem, de forma coletiva ou individual, o requisito de aquecimento, ventilação ou ar-condicionado a um edifício ou uma parte deste.

O Consumo de energia associado à operação destes sistemas, representam uma parcela significativa do consumo de um edifício comercial, e, tecnologias comprovadas e conceitos de design podem ser utilizados para aumentar a eficiência energética no sistema e gerar economias significativas de energia e custos.

Um mau desempenho dos sistemas AVAC também afeta a saúde, o conforto e a produtividade dos ocupantes. Questões como o desconforto do utilizador, ventilação

inadequada, falta de movimento do ar, má qualidade do ar interior e design acústico inadequado devem ser acautelados e otimizados nas fases de elaboração do projeto e operação do sistema AVAC.

Um bom projeto de AVAC considera todos os sistemas de edifícios inter-relacionados, ao mesmo tempo que aborda a qualidade do ar interior, conforto térmico, consumo de energia e benefícios ambientais. Otimizar o design e os benefícios exige que o arquiteto e o designer do sistema AVAC abordem essas questões no início da fase de projeto e continuamente revejam as decisões subsequentes ao longo do projeto.

Também é essencial a implementação de um processo de monitorização da instalação, da operação do sistema AVAC durante a construção, assim como um plano de comissionamento efetivo para cada um dos sistemas em carga total e parcial, incluindo a calibração e o comissionamento dos controlos.

As seguintes etapas devem ser consideradas:

1. Analise das diferentes opções para identificar medidas de redução de consumo de energia;
2. Quantificação do impacto da implementação das medidas de redução de consumo de energia.

5.1. Análise de diferentes opções para identificar medidas de redução de consumo de energia

Para as simulações são consideradas diversos tipos de sistemas de ar condicionado, mais eficientes que o sistema da situação base. Também são analisados o impacto de motores eficientes, bombas, torre de refrigeração e refrigeradores no consumo energético do edifício.

5.1.1. Impacto do sistema de ar condicionado eficiente no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

A Tabela 22 mostra o impacto no consumo de energia para diferentes sistemas de AVAC no edifício com ocupação diurna.

Tabela 22- Impacto do sistema AVAC eficiente no EPI para construção diurna

Sistema eficiente de ar condicionado	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))	% redução do EPI
<i>Situação base</i>	180	51	397 753	196,6	-----
<i>Split</i>	180	51	349 150	172,6	12%
<i>Split Inverter</i>	180	51	310 067	153,2	22%
<i>Sistema centralizado</i>	180	51	233 555	115,4	41%
<i>Chiller</i>	180	51	218 825	108,1	45%
<i>Bomba eficiente</i>	180	51	229 470	113,4	42%
<i>Motor/Ventilador</i>	180	51	222 650	110,0	44%
<i>Torre de Refrigeração</i>	180	51	232 666	115,0	42%

Com base na simulação e tendo em conta o custo-benefício, recomenda-se o uso de sistema de ar condicionado centralizado, que permite uma redução de mais de 40% no Índice de Desempenho Energético (EPI). A utilização de sistemas Split ACs com tecnologia *inverter* permitirá reduzir o consumo de energia em 22%, o que é também um valor bastante satisfatório.

5.1.2. Impacto do sistema de ar condicionado eficiente no consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

A Tabela 23 mostra o impacto de diferentes sistemas AVAC sobre o consumo de energia de um edifício com ocupação diurna e noturna.

Tabela 23- Impacto do sistema eficiente de AVAC no EPI para construção diurna e noturna

Sistema eficiente de ar condicionado	Carga Máxima de Refrigeração (kW)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m2.ano))	% redução do EPI
<i>Situação base</i>	184	52	883 929	436,8	-----
<i>Split</i>	184	52	772 873	382,0	13%
<i>Split Inverter</i>	184	52	683 650	337,9	23%
<i>Sistema centralizado</i>	184	52	528 543	261,2	40%
<i>Chiller</i>	184	52	488 798	241,6	45%
<i>Bomba eficiente</i>	184	52	520 600	257,3	41%
<i>Motor/Ventilador</i>	184	52	487 440	240,9	45%
<i>Torre de Refrigeração</i>	184	52	523 903	258,9	41%

Com base na simulação e tendo em conta a questão do custo-benefício, recomenda-se o uso de sistema de ar condicionado centralizado, que permite uma redução de mais de 40% no Índice de Desempenho Energético (EPI). A utilização de sistemas Split ACs com tecnologia inverter permitirá reduzir o consumo de energia em 23%, o que é também um valor bastante satisfatório.

5.2. Requisitos para os sistemas AVAC

Os sistemas de ar condicionado unitários são classificados de acordo com o seu nível de eficiência de arrefecimento, caracterizado pelo “rácio de eficiência energética sazonal” (SEER) conforme a Tabela 24. A classe de eficiência energética mínima para cumprir a conformidade do código é “A”.

Tabela 24 - Classe de eficiência energética e rácio sazonal de eficiência energética

Classe de Eficiência Energética	SEER
A+++	SEER \geq 8,50
A++	6,10 \leq SEER $<$ 8,50
A+	5,60 \leq SEER $<$ 6,10
A	5,10 \leq SEER $<$ 5,60
B	4,60 \leq SEER $<$ 5,10
C	4,10 \leq SEER $<$ 4,60
D	3,60 \leq SEER $<$ 4,10
E	3,10 \leq SEER $<$ 3,60
F	2,60 \leq SEER $<$ 3,10
G	SEER $<$ 2,60

- O sistema AVAC para o projeto de construção deve ser do tipo e descrição especificados no Apêndice G da norma ASHRAE 90.1 e atender aos requisitos estabelecidos nas secções G3.1.1, G3.1.2 e G3.1.3
- Recomenda-se o uso de unidades splits com tecnologia inverter ou eficiente;

De uma forma geral, as necessidades de ventilação por sistemas forçados são satisfeitas pelo equipamento principal de climatização, que já possui um modo ventilação e que pode ser ativado para este efeito. Para os espaços com necessidades específicas de ventilação forçada devem ser observados os princípios estabelecidos no ASHRAE Standard 90.1.

As recomendações detalhadas são apresentadas abaixo na tabela 25.

Tabela 25 - Requisitos para sistemas AVAC

Tipo de Equipamento	Requisitos
<i>Aquecimento de água</i>	Solar Térmico e/ou Termoacumuladores com Etiquetas Energéticas
<i>Ar Condicionado unitário</i>	Conforme a Tabela 24
<i>Chillers</i>	Conforme ASHRAE Standard 90.1
<i>Motores</i>	Conforme IEC 60034-30-1: 2014

6. Sistemas de iluminação

Existe um grande potencial de melhoria da eficiência energética na iluminação dos edifícios e instalações. A iluminação adequada pode ser fornecida de forma eficiente (com menor consumo de energia) usando a tecnologia certa e sua integração efetiva com a iluminação natural.

Além disso, os dispositivos mais eficientes têm um custo inicial relativamente reduzidos e são investimentos de altos retornos e baixos riscos.

Para dedução dos requisitos de sistemas de iluminação, devem ser realizadas as seguintes etapas:

1. Análise de diferentes opções para identificar medidas de redução do consumo de energia;
2. Análise do impacto das medidas de redução de consumo de energia.

6.1. Análise de diferentes opções para identificar medidas de redução do consumo de energia

Para as simulações considerar sistemas de iluminação mais eficientes que o sistema da situação base.

A iluminação eficiente ajuda a reduzir a densidade de potência de iluminação dos edifícios/espacos, traduzindo-se na diminuição do ganho de calor sensível dentro do edifício, e conseqüentemente na redução da carga a ser arrefecida pelo sistema de ar condicionado.

6.1.1. Impacto do sistema de iluminação eficiente na redução do consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna)

Existem vários tipos de sistemas de iluminação eficiente: o uso das novas gerações das lâmpadas T5 ou T8, a massificação do LED e a utilização de sensores e controlos de iluminação estão entre eles. A Tabela 26 demonstra o impacto de vários sistemas de iluminação no consumo de energia para um edifício ocupado durante o dia.

Tabela 26: Impacto do sistema de iluminação eficiente no EPI para edifícios de ocupação diurna

Sistema de iluminação	Consumo de energia para iluminação (kWh)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
Situação base	58 545	51	397 753	196,6
LPD de acordo com ASHRAE (0,9W/ft ²)	52 690	51	388 384	191,9
Iluminação eficiente (0,8W/ft ²)	46 835	50	379 005	187,3
Lâmpada LED (0,2W/ft ²)	11 709	48	322 731	159,5
Lâmpada T5 (0,62W/ft ²)	36 414	50	362 325	179,1
Sensores	49 763	51	383 698	189,6

Com base nos resultados da simulação, observa-se que as lâmpadas LED (com LPD de 0,2 W/m²) permitem maior redução no consumo derivado da iluminação.

6.1.2. Impacto do sistema de iluminação eficiente na redução do consumo de energia (para edifícios com ocupação diurna e noturna)

A Tabela 27 demonstra o impacto de vários sistemas de iluminação no consumo de energia, para um edifício com ocupação diurna e noturna

Tabela 27: Impacto do sistema de iluminação eficiente no EPI para edifícios 24 horas

Sistema de iluminação	Consumo de energia para iluminação (kWh)	Tamanho do Sistema (TR)	Consumo Anual (kWh)	EPI (kWh/(m ² .ano))
Situação base	118 712	52	883 829	436,8
LPD de acordo com ASHRAE (0,9W/ft ²)	106 840	52	861 939	426,0
Iluminação eficiente (0,8W/ft ²)	94 969	51	840 050	415,2
Lâmpada LED (0,2W/ft ²)	23 742	49	708 733	350,3
Lâmpada T5 (0,62W/ft ²)	73 838	51	801 097	395,9
Sensores	100 905	52	850 993	420,6

Com base nos resultados da simulação, observa-se que as lâmpadas LED (com LPD de 0,2 W/m²) permitem maior redução no consumo derivado da iluminação.

6.2. Requisitos obrigatórios para o sistema de iluminação

- A potência máxima de iluminação em todo o edifício dividida pela área total do edifício, também conhecida como Densidade de Potência de Iluminação (LPD) não deve exceder os valores da Tabela 28.

Tabela 28 - Densidade da potência máxima de iluminação por tipo edifícios

Tipo de edifício	Densidade da Potência de Iluminação (LPD) (W/m ²)
Parque automóvel	2.5
Espaco de exposições, museus	9.0
Hospital	12.0
Biblioteca	12.0
Escritório (Plano fechado)	13.0

Escritório (Plano aberto)	11.0
Salão público	9.0
Escola	8.0
Estádio	9.0
Salão Municipal	13.0

- O nível mínimo de iluminação nas áreas interiores deve ser de acordo com as Tabelas 3 e 4 do capítulo 3;
- O uso de luminárias LED é recomendado. No entanto qualquer lâmpada escolhida, deverá ter uma eficiência energética mínima de classe “B”, de acordo com o Índice de Eficiência Energética (IEE), especificada na Tabela 29:

Tabela 29 – Classe de Eficiência Energética e Índice de Eficiência Energética das lâmpadas

Classe eficiência energética	IEE das Lâmpadas não direcionais	IEE das Lâmpadas direcionais
A ++	$IEE \leq 0.11$	$IEE \leq 0.13$
A +	$0.11 < IEE \leq 0.17$	$0.13 < IEE \leq 0.18$
A	$0.17 < IEE \leq 0.24$	$0.18 < IEE \leq 0.40$
B	$0.24 < IEE \leq 0.60$	$0.40 < IEE \leq 0.95$
C	$0.60 < IEE \leq 0.80$	$0.95 < IEE \leq 1.20$
D	$0.80 < IEE \leq 0.95$	$1.20 < IEE \leq 1.75$
E	$IEE > 0.95$	$IEE > 1.75$

7. Anexos

7.1 Lista de Materiais de Construção (com suas Características Térmicas) utilizados em Cabo Verde

Lista de Materiais	λ [W/(m.°C)]	d [kg/m³]	c [J/ (kg. °C)]
Água	0,58	1000	4187
Algodão	0,06	80	
Amianto	0,15	580	
Amianto	0,05	160	
Areia húmida	2,35		8374
Argamassas de cal e cimento	0,65	1600	754
(ou de cimento)	0,85	1800	754
	1,05	2000	754
	0,30	600	1047
Argamassa celular	0,51	1000	1047
	0,81	1400	1047
	0,53	1000	837
Argamassa de gesso	0,53	1000	837
(ou de cal e gesso)	0,70	1200	837
Argila	0,72	1720	
Asfalto puro	0,70	2100	
Asfalto com areia	1,15	2100	
Borrachas sintéticas			
formofenólicas	0,40	1300	
Mastique para juntas	0,40	1350	
Poliamida	0,40	1100	
Cloreto de Vinilo	0,20	1350	
Poliéster	0,4	1550	
Polietileno	0,4	1000	
Cerâmica	0,46		837
Cimento-Amianto	0,65	1600	
	0,95	2000	

Lista de Materiais	λ [W/(m.°C)]	d [kg/m ³]	c [J/ (kg. °C)]
Cimento-Amianto - Celulose	0,46	1600	
Concreto Aparente	1,65	2200	1005
	1,91	2400	1005
Concreto Armado	1,75	2400	1005
Concreto Comum	1,28	2000	1005
	1,50	2200	1005
	1,74	2400	1005
Concreto comum cavernoso	1,40	1850	
Idem com 50% de calcário	1,15	1800	
Concreto com agregado muito leve			
com vermiculite ou pedra-pomes	0,17	600	963
	0,26	800	963
	0,33	1000	963
	0,43	1200	963
	0,50	1400	963
Placa de concreto com vermiculite fabricada nas Instalações	0,19	400	963
Concreto com argila expandida	0,85	1500	963
	1,05	1700	963
Concreto com revestimento granular expandido 750 kg / m ³ , com areia	0,52	1500	963
Concreto com escória expandida granulada 750 kg/m ³ , sem areia ou finos	0,44	1100	963
Concreto celular autoclavado	0,10	300	963
Concreto celular (Bloco)	0,05	450	963
	0,50	600	963
Concreto de cascalho	1,98	1800	1005
Concreto sem finos	0,74	1600	
	0,93	1800	
Concreto com agregados pesados de escória de alto forno	1,40	2300	
Idem cavernosos	0,70	1800	
Cortiça (em placas, de granulado)	0,04	100	1424
	0,05	200	1424
Cortiça comprimida	0,10	500	1423
Feltro	0,05	160	
Feltro asfáltico	0,14	1200	1675
Feltro de crina	0,03	270	
Feltro de lã	0,04	150	
Fibra de vidro	0,03	70	754
Gesso celular	0,50	128	
Gesso (placa)	0,35	750	837
	0,35	1500	837
Gesso paramentado c/cartão antichama	0,35	900	
Gesso com fibras minerais	0,35	950	
Gesso Projetado	0,50	1200	837
Gesso com vermiculite 1: 1	0,30	850	
Gesso com vermiculite 1: 2	0,25	600	
Lã de Escória	0,03	110	
Lã de ovelha	0,04	136	
Lã de Rocha	0,03	100	754
	0,04	130	754
	0,04	190	754

Lista de Materiais	λ [W/(m.°C)]	d [kg/m ³]	c [J/(kg. °C)]
Lã de vidro	0,05	24	754
	0,04	64	754
	0,04	76	754
	0,03	96	754
Madeiras			
Cedros	0,12	400	1424
Balsa	0,05	90	
Bétula, pinho, silvestre, pinheiro marítimo			
Carvalho e frutíferas	0,15	500	1424
Pinho perpendicular à fibra	0,23	700	1424
Pinho paralelo à fibra	0,14	550	2721
	0,30	900	1256
Fibras de madeiras	0,06	140	1675
Lascas de madeiras	0,06	140	1675
Painéis de madeira			
Aglomerado macio isolante	0,05	300	
Painel de fibra de madeira isolante	0,06	300	
Painel de fibra de madeira duro e extraduro	0,20	900	
Painel de fibras de madeira aglomerada	0,10	400	1424
	0,12	500	1424
	0,14	600	1424
	0,17	1000	1424
Painel de fibra de madeira aglomerada e compensada	0,20	800	1424
	0,24	1000	1424
Metais			
Aço	52	7780	
Aço inoxidável	46,00	7800	
Alumínio	230,00	2700	
Chumbo	35,00	11340	
Cobre	380,00	8930	
Duralumínio	160,00	2800	
Ferro fundido	56,00	7500	
Ferro puro	72,00	7870	
Latão	110,00	8400	
Zinco	112,00	7130	
Palha comprimida	0,12	350	
Papelão	0,08	650	
Papelão ondulado, quatro camadas por polegada	0,10	170	
Pedras			
Ardósia	2,10	2700	837
Arenito	1,28	2000	837
Basalto	3,50	2900	837
Calcário	1,40	2000	837
Gnaisse	3,50	2600	837
Granito	3,50	2700	837
Grés	1,98	2400	837
Mármore	3,26	2700	837
Pederneira	3,5	2700	837
Pedregulho	2,35	1900	837
Pórfiro	2,9	2500	837
Plásticos alveolares			

Lista de Materiais	λ [W/(m.°C)]	d [kg/m ³]	c [J/(kg. °C)]
Poliestireno expandido moldado	0,04	11	
	0,04	15	
	0,04	18	
	0,04	23	
	0,04	30	
Poliestireno expandido moldado, por via húmida	0,42	14	
Poliestireno expandido termo-comprimido, por via húmida	0,04	14	
	0,04	18	
	0,04	23	
Poliestireno expandido termo-comprimido, por via seca	0,04	30	
Poliestireno estruturado			
Placas sem pele na superfície	0,03	30	
Placas com pele na superfície	0,03	32	
	0,03	38	
Espuma rígida de poliuretano			
Placas ou blocos extensos contínuos	0,03	35	
Placas ou blocos descontínuos	0,03	35	
Espumas formofenólicas	0,04	40	
	0,04	50	
	0,04	70	
	0,04	95	
Outros materiais plásticos alveolares	0,05	40	
Telha de barro moldado (ou cerâmica)	0,93		921
Telha de fibrocimento	0,65		1600
	0,95		2000
Terra argilosa seca	0,52	1700	837
Terra comprimida (bloco)	1,15	1800	837
Terra húmida	0,6	1800	1465
Tijolo de concreto furado (8 furos)			
19 x 19 x 39 (paredes de 6 mm)	0,91	1700	1005
Tijolo maciço prensado	0,72	1600	921
Vidro	0,8	2200	

Fonte: CSTB - Régles de Calcule (1958), Gomes, R. José (1962); Puppo E. & Puppo, O. (1979)

Gabinete dos Ministros dos Ministérios das Infraestruturas, Ordenamento do Território e Habitação, da Indústria, Comércio e Energia e da Agricultura e Ambiente, na Praia, aos 24 de junho de 2020. – A Ministra, *Eunice Andrade da Silva Spencer Lopes*, O Ministro, *Alexandre Dias Monteiro* e O Ministro, *Gilberto Correia Carvalho Silva*.



I SÉRIE
**BOLETIM
OFICIAL**

Registo legal, nº 2/2001, de 21 de Dezembro de 2001

Endereço Electronico: www.incv.cv



Av. da Macaronésia, cidade da Praia - Achada Grande Frente, República Cabo Verde
C.P. 113 • Tel. (238) 612145, 4150 • Fax 61 42 09
Email: kioske.incv@incv.cv / incv@incv.cv

I.N.C.V., S.A. informa que a transmissão de actos sujeitos a publicação na I e II Série do *Boletim Oficial* devem obedecer as normas constantes no artigo 28º e 29º do Decreto-Lei nº 8/2011, de 31 de Janeiro.