



ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA HABITAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL

JONAS SANDONATTO DE OLIVEIRA

outubro de 2020

ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA HABITAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL

Jonas Sandonato de Oliveira
1180068

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE UMA HABITAÇÃO NO BRASIL E EM PORTUGAL

Jonas Sandonato de Oliveira
1180068

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis, realizada sob a orientação da docente Mestre Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientadora

Mestre Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva
Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Cristina Madureira dos Reis
Professora Auxiliar, Instituto Departamento de Engenharias da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Escola de Ciências e Tecnologia (UTAD)

AGRADECIMENTOS

A realização desse Mestrado em Portugal e conseqüentemente dessa dissertação, não seria possível sem a contribuição direta e indireta de diversas pessoas presentes na minha vida. Sendo assim, gostaria de expressar o meu profundo agradecimento por todas as formas de apoio para o sucesso de mais essa etapa acadêmica

Primeiramente gostaria de agradecer a todo o corpo discente e docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto, em especial aos professores que compõem o Mestrado em Energias Sustentáveis, pelos ensinamentos passados e pelo empenho que eles dedicam aos seus alunos.

Gostaria de agradecer aos meus familiares residentes em Portugal, que me deram todo o apoio e suporte necessário no período em que morei no país, sempre estando presentes e me auxiliando no que fosse possível da melhor maneira, então deixo aqui o meu muito obrigado de verdade.

Um especial agradecimento à Engenheira Teresa Neto, que de forma extremamente profissional, competente e dedicada, sempre se mostrou disponível para esclarecer as dúvidas, tornando mais fácil a relação orientador/orientando. Agradece-la também pela paciência e tempo despendido para responder os e-mails sempre com muita prontidão, facilitando o andamento do trabalho.

E por fim, à minha família, namorada e amigos que sempre me apoiaram nessa caminhada.

PALAVRAS CHAVE

Eficiência térmica; ABNT NBR 15220; ABNT NBR 15575; RTQ-R; REH

RESUMO

O objetivo principal desse trabalho é aplicar as metodologias de classificação da eficiência térmica habitacional utilizadas atualmente no Brasil e em Portugal, a fim de estudar o comportamento térmico de uma moradia com soluções construtivas brasileiras aplicadas no Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), simulando a existência da habitação nos dois países.

Ao decorrer do trabalho foram expostas as normas e regulamentações de ambos os países. Para o Brasil foi apresentada a norma ABNT NBR 15220, que identifica as características climáticas de cada região e divide o território brasileiro em zonas bioclimáticas de um a oito e a norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, ABNT NBR 15575, que estabelece requisitos mínimos a serem cumpridos para garantir o conforto e a segurança dos imóveis.

Se tratando dos regulamentos, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) é utilizado no Brasil para classificar a eficiência energética da habitação, apresentando a escala de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), aplicado em Portugal, também tem por objetivo classificar a edificação residencial quanto a sua eficiência energética além do conforto térmico com a escala variando de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente).

Ambos os regulamentos e normas são brevemente descritas nesse trabalho e posteriormente são aplicados em uma habitação já existente na cidade do Rio de Janeiro e que foi simulada a sua existência também em Porto Alegre (Brasil), Porto e Lisboa (Portugal), com o intuito de estudar os comportamentos energético e térmico de uma mesma moradia em quatro climas diferentes. Para as moradias localizadas no Brasil, utilizaram-se as normas e método prescritivo do regulamento brasileiro e para as moradias em Portugal, utilizou-se o método prescritivo do REH, juntamente com a sua documentação complementar.

Por fim, foi possível estabelecer uma análise comparativa, apesar de não efetiva, entre as metodologias propostas pelos dois países, sendo que apenas em Portugal a sua aplicação é obrigatória para edifícios novos ou nas intervenções nos edifícios existentes. Note-se que esta análise é algo complexa, em virtude das condições climáticas serem muito diferentes para as simulações efetuadas, bem como as condições de conforto interior. É possível concluir que o regulamento português é mais completo e mais exigente em sua escala do que o método prescritivo brasileiro, apesar de também não contemplar alguns aspectos previstos na análise brasileira.

KEYWORDS

Thermal efficiency; ABNT NBR 15220; ABNT NBR 15575; RTQ-R; REH

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is to apply the methodologies in the classification of thermal efficiency in houses currently used in Brazil, and in Portugal with the purpose of studying the thermal behaviour of a house with constructive solutions utilised in a Federal Brazilian housing programme called Minha Casa, Minha Vida; simulating their existence in both countries.

Along this study, official rules and regulations from both countries are shown as a guideline. For Brazil, the standard ABNT NBR 15220 was presented, which identifies the climatic features of each region and divides the Brazilian territory into bioclimatic zones ranging from one to eight. The standard Housing Building Performance, ABNT NBR 15575, establishes minimum requirements to be met to ensure comfort and safety of residential buildings.

As far as regulations are concerned, Brazil uses RTQ-R, which stands for Technical Quality Regulation for the Level of Energy Efficiency of Residential Buildings, to classify the energy efficiency of houses, presenting a scale which ranges from A (most efficient) to E (least efficient). As for Portugal, the REH which stands for Regulation of Energy Performance of Residential Buildings, is used in order to classify residential buildings in terms of their energy efficiency, and thermal comfort with a scale which ranges from A+ (most efficient) to F (least efficient).

Both regulations and standards are briefly described in this work and are subsequently applied to an existing physical house in the city of Rio de Janeiro, which was also simulated in Porto Alegre (Brazil), Porto and Lisbon (Portugal), with the purpose of studying the energetic and thermal behaviours of the same house in four different climates. For the houses located in Brazil, Brazilian rules and regulations were used, and for the houses in Portugal, REH was used, along with complementary documentation.

In conclusion, it was possible to establish a comparative analysis between the methodologies proposed by both countries, and only in Portugal its application is mandatory for new buildings or major renovations to existing buildings. Note that this analysis is somewhat complex, since the climatic conditions are very different for the simulations carried out, as well as the conditions of interior comfort. Thus, it is possible to understand that the Portuguese regulation is more complete and more demanding in its scale than the Brazilian one, although it also does not include some aspects foreseen in the Brazilian analysis.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

| | |
|-------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AIE | Agência Internacional de Energia |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| AQS | Águas quentes sanitárias |
| CMMAD | Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento |
| CONPET | Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados e Petróleo e do Gás Natural |
| COVID19 | Corona Virus Disease 2019 |
| CPVC | Cloreto de Polivinil Clorado |
| CREA | Center for Research on Energy and Clean Air |
| DGEG | Direção Geral de Energia e Geologia |
| EER | Energy Efficiency Ratio |
| ENCE | Etiqueta Nacional de Conservação de Energia |
| ENU | Espaços Não Úteis |
| EPBD | Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios |
| EPE | Empresa de Pesquisa Energética |
| FINEP | Financiadora de Estudos e Projetos |
| GBC | Green Building Council |
| GEE | Gases do Efeito Estufa |
| INMETRO | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia |
| ITE 50 | Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. |
| LabEEE | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações |
| LEED | Leadership in Energy and Environmental Design |
| LNEC | Laboratório Nacional de Engenharia Civil |
| NBR | Norma Brasileira |
| NUTS | Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos |
| OIA | Organismo de Inspeção Acreditado |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PBE | Programa Brasileiro de Etiquetagem |
| PBE EDIFICA | Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edifícios |
| PEI | Porcelain Enamel Institute |
| PMCMV | Programa Minha Casa, Minha Vida |
| PROCEL | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| PVA | Acetato de Polivinila |
| RAC | Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações |

| | |
|-------|--|
| RCCTE | Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios |
| RECS | Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços |
| REH | Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação |
| RTQ-C | Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos |
| RTQ-R | Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais |
| SCE | Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios |
| SDOs | Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio |
| SIN | Sistema Integrado Nacional |

Lista de Unidades

| | |
|---|--|
| $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$ | Metros quadrados graus Celsius por Watts |
| € | Euros |
| $^\circ\text{C}$ | Graus Celsius |
| $^\circ\text{C}\cdot\text{h}$ | Graus Celsius hora |
| cm | Centímetros |
| GWh | Giga watt-hora |
| H | Altura da abertura em dois beirais opostos em centímetros |
| $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ | Quilo joules por metro quadrado graus Celsius |
| km^2 | Quilômetros quadrados |
| ktep | Quilo toneladas equivalentes de petróleo |
| $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$ | Quilowatts hora por metros quadrados ano |
| kWh/ano | Quilowatts hora por ano |
| $\text{kWh}/\text{habitante}$ | Quilowatts hora por habitante |
| $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{mês}$ | Quilowatts hora por metro quadrado por mês |
| $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{kWh}$ | Quilowatts hora de equivalente de petróleo por quilowatts hora |
| lm/W | Lúmens por watts |
| m | Metros |
| m^2 | Metros quadrados |
| mm | Milímetros |
| Mt CO_2 | Tonelada métrica de dióxido de carbono |
| Mtep | Milhões de toneladas equivalentes de petróleo |
| R\$ | Reais |
| ren/h | Renovações por hora |
| Rph | Renovações por hora |
| $\text{t CO}_2\text{-eq}/\text{habitante}$ | Toneladas de dióxido de carbono equivalente por habitante |

| | |
|------------------------|--|
| TWh | Terawatt-hora |
| W/(m.°C) | Watts por metro graus Celsius |
| W/(m.K) | Watts por metro Kelvin |
| W/(m ² .°C) | Watts por metro quadrado graus Celsius |
| W/(m ² .°C) | Watts por metros quadrados graus Celsius |
| W/m ² | Watt por metro quadrado |
| Wh/m ² | Watt hora por metro quadrado |

Lista de Símbolos

| | |
|-------------------------------|--|
| A | Aberturas para ventilação |
| A _A | Área efetiva de abertura de ventilação ambiente |
| A _{env} | Área do envidraçado |
| A _i | Área de iluminação efetiva |
| A _{pav} | Área do pavimento |
| A _v | Área efetiva de ventilação |
| B' | Dimensão característica do pavimento |
| b1 | Bonificação relativa à ventilação natural |
| b2 | Bonificação relativa à iluminação natural |
| b3 | Bonificação relativa ao uso racional de água |
| b4 | Bonificação relativa ao condicionamento artificial de ar |
| b5 | Bonificação relativa à iluminação artificial |
| b6 | Bonificação relativa aos ventiladores de teto |
| b7 | Bonificação relativa aos refrigeradores instalados na habitação |
| b8 | Bonificação relativa à medição individualizada |
| btr | Coeficiente de redução de temperatura de um ENU ou edifício adjacente |
| CA | Consumo relativo para aquecimento |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| CR | Consumo relativo para refrigeração |
| CT | Capacidade Térmica |
| e | Espessura |
| EqNumAA | Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água |
| EqNumEnv | Equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória |
| EqNumEnv _A | Equivalentes numéricos da envoltória de aquecimento |
| EqNumEnvAmb _A | Equivalente numérico da envoltória dos ambientes de permanência prolongada para aquecimento |
| EqNumEnvAmb _{Refrig} | Equivalente numérico da envoltória dos ambientes de permanência prolongada condicionados artificialmente |
| EqNumEnvAmb _{Resfr} | Equivalente numérico da envoltória dos ambientes de permanência prolongada para resfriamento |

| | |
|-------------------------|--|
| $EqNumEnv_{Refrig}$ | Equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes condicionados artificialmente |
| $EqNumEnv_{Resf}$ | Equivalentes numéricos da envoltória de resfriamento |
| $E_{ren,p}$ | Energia produzida a partir de fontes de origem renovável p |
| $f_{a,k}$ | Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS |
| F_f | Fator de sombreamento por elementos verticais |
| $f_{i,k}$ | Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento |
| F_o | Fator de sombreamento por elementos horizontais |
| $F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ | Fatores de conversão de energia útil para energia primária |
| FS_o | Fator de calor solar |
| FV | Fator de ventilação |
| $f_{v,k}$ | Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento |
| GD | Graus-dias |
| GH_R | Graus-horas para resfriamento |
| G_{sul} | Energia solar média durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul |
| g_T | Fator solar global |
| $g_{Tmáx}$ | Fator solar global máximo |
| I_{sol} | Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal e em superfícies verticais |
| j | Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável |
| M | Duração da estação em meses |
| N_i | Valor de referência para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento |
| N_{ic} | Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento |
| NO_2 | Dióxido de nitrogênio |
| N_t | Valor de referência para as necessidades nominais anuais de energia primária |
| N_{tc} | Necessidades nominais anuais globais de energia primária |
| N_v | Valor de referência para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento |
| N_{vc} | Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento |
| P | Perímetro |
| PT | Pontuação |
| PT_{UH} | Pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma |
| Q_a | Necessidades de energia útil para preparação de AQS |
| R_f | Resistência térmica de todas as camadas do pavimento |

| | |
|------------------|--|
| R_{Nt} | Razão entre as necessidades nominais anuais de energia primária e o valor de referência para as necessidades nominais anuais de energia primária |
| R_{se} | Resistência térmica exterior |
| R_{si} | Resistência térmica interior |
| R_t | Resistencia térmica total |
| $T_{e,max}$ | Valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius |
| $T_{e,min}$ | Valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. |
| $T_{i,max}$ | Valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius |
| $T_{i,min}$ | Valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius |
| U | Coeficiente de transmitância térmica |
| $U_{máx}$ | Coeficiente de transmitância térmica máximo |
| $W_{vm,j}$ | Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores |
| z | Altura do piso da moradia |
| ZB 03 | Zona bioclimática três |
| ZB 08 | Zona bioclimática oito |
| α | Absortância à radiação solar |
| $\theta_{ext,v}$ | Temperatura média exterior de verão |
| λ | Condutibilidade Térmica |
| η_k | Eficiência do sistema k |
| φ | Atraso térmico |
| ψ | Transmissão Térmica Linear |
| a | Coeficiente adotado de acordo com a região geográfica onde está localizada a construção |
| p | Fontes de origem renovável |

GLOSSÁRIO DE TERMOS

| | |
|-----------------------------|--|
| Absortância solar | Energia solar incidente que se dissipa em contato com um material |
| Altitude | Elevação vertical medida entre um ponto qualquer da superfície terrestre e o nível do mar |
| Atraso térmico | Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta |
| <i>Backup</i> | Sistema secundário caso o principal não seja o suficiente |
| Bioclimática | Considera as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético |
| Capacidade térmica | É a razão entre a quantidade de calor fornecida a um corpo e a variação sofrida por ele |
| Climas mesotérmicos | São climas temperados e glaciais caracterizados por apresentarem médias positivas no inverno |
| Combustão | É a reação exotérmica entre um combustível e um comburente |
| Combustíveis fósseis | Combustíveis formados de origem natural proveniente de organismos mortos soterrados. |
| Condutividade térmica | Quantificação da habilidade dos materiais em conduzir calor |
| Continentalidade | Características climáticas determinados pelo enfraquecimento das influências marítimas, que em geral resultam do afastamento do oceano |
| Demanda interna | Indicador econômico que mostra o nível de consumo de bens e serviços em um país |
| Desenvolvimento sustentável | É suprir as necessidades da geração atual sem atrapalhar a capacidade de satisfazer as necessidades das próximas |
| Ecodesenvolvimento | É o processo de transformação do meio com base em técnicas ecologicamente corretas |
| Efeito estufa | Fenômeno natural provocado pela alta concentração de gases na atmosfera |
| Eficiência energética | Atividade que busca melhorar o das fontes de energia |
| Energia primária | Forma de energia disponível na natureza antes de ser convertida ou transformada |
| Energias renováveis | Energia proveniente de recursos naturais que são naturalmente reabastecidos |
| Envoltória | Conjunto de elementos construtivos que estão em contacto com o meio exterior |

| | |
|----------------------|---|
| Estanqueidade | Neologismo que significa estanque, hermético, sem vazamento |
| Fator solar | É a percentagem de energia solar incidente no vidro que é transferido para o seu interior, direta ou indiretamente |
| Fração solar | Percentagem de energia utilizada no aquecimento de água |
| Hidraulicidade | Relação das aflúências hidrológicas observadas num dado período com as aflúências correspondentes de um período de referência |
| Hidrossanitários | Sistemas de distribuição de água e recolhimento dos esgotos |
| Higrotérmicas | Sensação de bem-estar relativamente à humidade e temperatura ambiente |
| Impacto ambiental | É a alteração do meio ambiente como consequência de ações humanas |
| Índice pluviométrico | Medida em milímetros resultado do total de precipitação de água em um determinado local durante certo tempo |
| Inércia Térmica | Capacidade de um material de armazenar calor e de dispersá-lo aos poucos |
| <i>Inputs</i> | Elementos de entrada |
| Latitude | É a coordenada geográfica definida na superfície terrestre, que é o ângulo entre o plano do equador e a normal à superfície de referência |
| Manutenibilidade | É a facilidade, precisão e segurança com que as tarefas de manutenção são executadas após detectar uma avaria |
| Maritimidade | É uma medida da influência da umidade do mar sobre cidades ou países costeiros |
| Massa de ar | É o volume de ar estabelecido pelo teor de vapor e pela temperatura |
| Matérias-primas | Produto natural que posteriormente é transformado em alguma mercadoria |
| Metodologia | Conjunto de regras, princípios ou orientações empregados no desenvolvimento de um estudo |
| Norma | Conjunto de preceitos e regras que determina algo |
| Pandemia | Epidemia de doença infecciosa com distribuição geográfica internacional simultânea |
| Pegada ecológica | Quantidade de terra e água necessária para sustentar a população atual |
| Perenemente | De forma permanente ou perpétua |
| Regulamento | Estatuto, instrução que prescreve o que deve ser feito |
| Resistência térmica | Corresponde à dificuldade que um material tem em transmitir calor |
| Socioeconômico | Relativo a elementos ou problemas sociais e econômicos e à sua inter-relação |

| | |
|-----------------------|--|
| Soluções construtivas | Tipologias de construção civil, bem como os materiais utilizados |
| Sustentabilidade | Utilizar algo, sem que com isso seja esgotada sua capacidade de ser consumida por outras pessoas |
| Transmitância térmica | É a taxa de transmissão de calor através de um ou mais materiais |
| Zonamento | Divisão por zonas de um determinado território de acordo com um grupo de características pré-estabelecidas |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - ORDEM CRONOLÓGICA DOS ACORDOS INTERNACIONAIS RELACIONADOS AO MEIO AMBIENTE. | 10 |
| FIGURA 2 - COMPARATIVO DAS EMISSÕES DE CO ₂ NAS POTÊNCIAS MUNDIAIS EM MILHÕES DE TONELADAS (ATLAS, 2020). | 12 |
| FIGURA 3 - COMPARATIVO DAS EMISSÕES DE CO ₂ DURANTE A PANDEMIA DO COVID19 (MONITOR, 2020). | 13 |
| FIGURA 4 - TIPOS DE CLIMA NO BRASIL E EM PORTUGAL (IBGE, 2020). | 14 |
| FIGURA 5 - TEMPERATURAS MÉDIAS BRASILEIRAS EM 2019 (INMET, 2020). | 16 |
| FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA TEMPERATURA MÉDIA E DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA EM 2019 (IPMA, 2020) | 17 |
| FIGURA 7 - REPARTIÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA NO BRASIL (EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019). | 18 |
| FIGURA 8 - MATRIZ ENERGÉTICA PORTUGUESA EM 2017 (OBSERVATÓRIO DA ENERGIA; DGEG; ADENE, 2019). | 20 |
| FIGURA 9 - BALANÇO DA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE DE PORTUGAL CONTINENTAL - ABRIL 2020 (APREN - ASSOCIAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2020). | 21 |
| FIGURA 10 - ZONEAMENTO CLIMÁTICO BRASILEIRO (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). | 25 |
| FIGURA 11 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO (IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS). | 29 |
| FIGURA 12 - CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS PARA SOFTWARES DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO (IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS). | 32 |
| FIGURA 13 - MODELO DE ETIQUETA PARA UNIDADE HABITACIONAL AUTÔNOMA (PROCELINFO). | 36 |
| FIGURA 14 - MODELO DE ETIQUETA PARA EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES (PROCELINFO). | 37 |
| FIGURA 15 - MODELO DE ETIQUETA PARA ÁREAS DE USO COMUM (PROCELINFO). | 37 |
| FIGURA 16 - ESQUEMATIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO CÁLCULO DO EQNUMENV (ROMEIRO, 2019). | 40 |
| FIGURA 17 - ORGANOGRAMA PARA A OBTENÇÃO DA PONTUAÇÃO TOTAL DA UNIDADE HABITACIONAL (ROMEIRO, 2019). | 41 |
| FIGURA 18 - PROJETO ARQUITETÔNICO DA HABITAÇÃO (PINTEREST, 2020). | 50 |
| FIGURA 19 - VISTA FRONTAL DA HABITAÇÃO. | 51 |
| FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO NO TERRITÓRIO BRASILEIRO (IBGE I. B., 2020). | 56 |
| FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE NO TERRITÓRIO BRASILEIRO (IBGE I. B., 2020). | 57 |
| FIGURA 22 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DO PORTO NO TERRITÓRIO PORTUGUÊS (WIKIPÉDIA, 2020). | 58 |
| FIGURA 23 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LISBOA NO TERRITÓRIO PORTUGUÊS (WIKIPÉDIA D. D., 2020). | 59 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 24 - COMPARATIVO ENTRE AS TEMPERATURAS MÉDIAS LOCAIS E AS DE CONFORTO. | 74 |
| FIGURA 25 - COMPARATIVO DO CUSTO E DO CONSUMO NAS QUATRO HABITAÇÕES. | 79 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - GERAÇÃO ELÉTRICA BRASILEIRA (EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019). | 19 |
| TABELA 2 - RESUMO DAS DIRETRIZES CONSTRUTIVAS E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS DO BRASIL (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). | 26 |
| TABELA 3 - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DE PAREDES EXTERNAS (ABNT A. B., 2013). | 30 |
| TABELA 4 - CAPACIDADE TÉRMICA DE PAREDES EXTERNAS (ABNT A. B., 2013). | 30 |
| TABELA 5 - CRITÉRIOS DE COBERTURAS QUANTO À TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (ABNT A. B., 2013). | 30 |
| TABELA 6 - ÁREA MÍNIMA DE VENTILAÇÃO EM DORMITÓRIOS E SALAS DE ESTAR (ABNT A. B., 2013). | 31 |
| TABELA 7 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO PARA CONDIÇÕES DE VERÃO (ABNT A. B., 2013). | 34 |
| TABELA 8 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO PARA CONDIÇÕES DE INVERNO (ABNT A. B., 2013). | 34 |
| TABELA 9 - COEFICIENTE ADOTADO DE ACORDO COM A REGIÃO GEOGRÁFICA DA CONSTRUÇÃO (INMETRO, 2010; 2012). | 38 |
| TABELA 10 - CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DE ACORDO COM A PONTUAÇÃO NUMÉRICA TOTAL OBTIDA (INMETRO, 2010; 2012). | 42 |
| TABELA 11 - CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA PARA EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (DESPACHO Nº 15793-J/2013). | 43 |
| TABELA 12 - ÁREA DOS AMBIENTES DA HABITAÇÃO. | 51 |
| TABELA 13 - ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS E CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DO CASO DE ESTUDO. | 51 |
| TABELA 14 - TRANSMITÂNCIA E CAPACIDADE TÉRMICA DAS ENVOLVENTES DA HABITAÇÃO DO CASO DE ESTUDO (PROJETEEE, 2020) E (ITE 50). | 52 |
| TABELA 15 - DETALHAMENTO DAS ÁREAS DAS ESQUADRIAS DE ACORDO COM O ANEXO II DO MANUAL PARA APLICAÇÃO DO RTQ-R. | 53 |
| TABELA 16 - DETALHAMENTO DAS ÁREAS DAS ESQUADRIAS DE ACORDO COM O DESPACHO 15793-K/2013. | 53 |
| TABELA 17 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DAS ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS. | 54 |
| TABELA 18 - CRITÉRIOS PARA A DETERMINAÇÃO DA ZONA CLIMÁTICA DE INVERNO (DESPACHO Nº 15793-F/2013). | 55 |
| TABELA 19 - CRITÉRIOS PARA A DETERMINAÇÃO DA ZONA CLIMÁTICA DE VERÃO (DESPACHO Nº 15793-F/2013). | 55 |
| TABELA 20 - DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO (ABNT A. B., 2013). | 56 |
| TABELA 21 - DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE (ABNT A. B., 2013). | 57 |
| TABELA 22 - DADOS CLIMÁTICOS PARA A HABITAÇÃO NO PORTO A UMA ALTITUDE DE 80M. | 59 |
| TABELA 23 - DADOS CLIMÁTICOS PARA A HABITAÇÃO EM LISBOA A UMA ALTITUDE DE 5M. | 60 |
| TABELA 24 - ANÁLISE DA CONFORMIDADE COM OS REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIDOS NO MÉTODO SIMPLIFICADO DA NBR 15575. | 63 |

| | |
|--|----|
| TABELA 25 - COMPARATIVO DA ILUMINAÇÃO E DA VENTILAÇÃO NATURAL COM OS REQUISITOS EXIGIDOS. | 64 |
| TABELA 26 - CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA PARA CADA AMBIENTE DE PERMANÊNCIA PROLONGADA. | 65 |
| TABELA 27 - CLASSIFICAÇÃO APÓS A VERIFICAÇÃO DOS PRÉ-REQUISITOS DOS AMBIENTES. | 66 |
| TABELA 28 - EQUIVALENTES NUMÉRICOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES. | 67 |
| TABELA 29 - PONTUAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO FINAL DA ENVOLTÓRIA DA HABITAÇÃO. | 67 |
| TABELA 30 - CLASSIFICAÇÃO FINAL DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO DAS ÁGUAS SANITÁRIAS. | 68 |
| TABELA 31 - RESUMO DAS CLASSIFICAÇÕES INDIVIDUAIS DA HABITAÇÃO. | 69 |
| TABELA 32 - CLASSIFICAÇÃO FINAL E PONTUAÇÃO TOTAL DA HABITAÇÃO NO RIO DE JANEIRO E EM PORTO ALEGRE. | 69 |
| TABELA 33 - VALORES FINAIS APÓS ANÁLISE DO REH DA MORADIA NO PORTO. | 70 |
| TABELA 34 - VALORES FINAIS APÓS ANÁLISE DO REH DA MORADIA EM LISBOA. | 70 |
| TABELA 35 - INSERÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA RENOVÁVEL NAS HABITAÇÕES. | 71 |
| TABELA 36 - VERIFICAÇÃO DO CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS MÍNIMOS DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (PORTARIA Nº 379-A/2015). | 72 |
| TABELA 37 - VERIFICAÇÃO REGULAMENTAR DOS ENVIDRAÇADOS. | 73 |
| TABELA 38 - COMPARATIVO DOS COEFICIENTES MÁXIMOS DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA. | 75 |
| TABELA 39 - COMPARATIVO DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO E PARA ARREFECIMENTO. | 75 |
| TABELA 40 - COMPARATIVO DOS TÓPICOS ABORDADOS PELA NBR 15575, PELO RTQ-R E PELO REH. | 77 |
| TABELA 41 - RELAÇÃO DO CONSUMO E DO CUSTO ENERGÉTICO NAS QUATRO MORADIAS. | 78 |

ÍNDICE

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 1 |
| 1.2 | OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.3 | MOTIVAÇÃO..... | 3 |
| 1.4 | METODOLOGIA..... | 5 |
| 1.5 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 5 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 9 |
| 2.1 | ACORDOS INTERNACIONAIS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL..... | 9 |
| 2.2 | PANORAMA CLIMÁTICO..... | 13 |
| 2.2.1 | TIPOS DE CLIMA..... | 13 |
| 2.2.2 | TEMPERATURAS E PLUVIOSIDADES..... | 15 |
| 2.3 | PANORAMA ENERGÉTICO..... | 17 |
| 2.3.1 | PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO | 17 |
| 2.3.2 | PANORAMA ENERGÉTICO PORTUGUÊS | 20 |
| 2.4 | POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA..... | 22 |
| 2.5 | EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS HABITAÇÕES..... | 23 |
| 2.6 | NORMAS E REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS E PORTUGUESAS..... | 24 |
| 2.6.1 | ABNT NBR 15220 – DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES..... | 24 |
| 2.6.2 | ABNT NBR 15575 – EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO..... | 27 |
| 2.6.3 | RELATÓRIO TÉCNICO DE QUALIDADE (RTQ-R) | 34 |
| 2.6.3.1 | MÉTODO PRESCRITIVO | 38 |
| 2.6.4 | REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) | 42 |
| 3 | DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO | 49 |
| 3.1 | DESCRIÇÃO DA HABITAÇÃO E SUAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS..... | 50 |
| 3.2 | CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS | 55 |
| 3.2.1 | RIO DE JANEIRO – BRASIL | 55 |
| 3.2.2 | PORTO ALEGRE – BRASIL | 56 |
| 3.2.3 | PORTO – PORTUGAL..... | 58 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.2.4 | LISBOA – PORTUGAL..... | 59 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 63 |
| 4.1 | AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 15575..... | 63 |
| 4.2 | AVALIAÇÃO DO RTQ-R – MÉTODO PRESCRITIVO..... | 64 |
| 4.3 | AVALIAÇÃO DO REH..... | 69 |
| 4.4 | ANÁLISE COMPARATIVA..... | 73 |
| 4.5 | PROPOSTAS DE MELHORIAS OU ADEQUAÇÕES..... | 79 |
| 5 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS | 85 |
| 5.1 | CONCLUSÕES..... | 85 |
| 5.2 | SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS..... | 87 |
| 6 | BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO..... | 91 |
| 6.1 | NORMAS, DESPACHOS E PORTARIAS..... | 91 |
| 6.2 | DIVERSOS..... | 92 |
| | ANEXOS..... | 99 |
| | ANEXO I..... | 99 |
| | TABELAS DO RTQ-R – RIO DE JANEIRO | 99 |
| | TABELAS DO RTQ-R – PORTO ALEGRE | 107 |
| | ANEXO II..... | 114 |
| | CÁLCULO DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO REH | 114 |
| | TABELAS DO REH - LISBOA | 119 |
| | TABELAS DO REH - PORTO | 136 |
| | ANEXO III..... | 153 |
| | LNEC - LISBOA | 153 |
| | LNEC - PORTO | 154 |
| | ANEXO IV..... | 155 |
| | RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO SE SISTEMA SOLAR TÉRMICO: REQUISITOS MÍNIMOS REH - LISBOA | 155 |
| | RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO SE SISTEMA SOLAR TÉRMICO: REQUISITOS MÍNIMOS REH - PORTO | 156 |

INTRODUÇÃO

- 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS
- 1.2 OBJETIVOS
- 1.3 MOTIVAÇÃO
- 1.4 METODOLOGIA
- 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A proteção do meio ambiente e dos recursos naturais foi um problema que começou a ser debatido pela população mundial no início da década de 70. Naquela época, quando ocorreu a crise energética, a qual foi provocada pelo aumento exorbitante do preço do petróleo, foi possível enxergar que a dependência das fontes energéticas já estava instalada e que só iria aumentar com o passar do tempo. Tal marco, foi importante para apresentar à população qual era a dimensão da importância do tema.

De acordo com o relatório World Population Prospects 2019 – Highlights, os habitantes do planeta devem chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050 e cerca de 10,9 bilhões em 2100, entretanto o crescimento desacelerou e a taxa de fertilidade deve continuar caindo. Em 2018, ocorreu pela primeira vez na história, o fato de que o número de pessoas com idade igual ou superior a 65 anos era maior do que com idade inferior a 5 anos (ONU - Organização das Nações Unidas - Highlights, 2019). O aumento da demanda energética decorrente do avanço econômico e do aumento da população, pode provocar uma crise ambiental mundial em pouco tempo. A falta dos cuidados necessários com o planeta para que ele responda positivamente a toda poluição que ele recebe também é um agravante nessa possível crise.

Grande parcela da energia é produzida por meio da queima de recursos naturais não renováveis como o petróleo, o gás natural e o carvão. Entretanto, esses meios de obtenção de energia estão associados a diversos riscos e problemas, como por exemplo: terem suas distribuições de forma heterogênea pelo planeta; suas reservas não serem infinitas; e promoverem problemas ambientais e sociais.

O problema ambiental mais comentado quando se fala na queima de combustíveis fósseis é a produção dos gases poluentes como resultado dessa combustão, como por exemplo o dióxido de carbono (CO₂). A emissão desse gás e a sua elevada concentração na atmosfera, resultam no agravamento do fenômeno natural conhecido como efeito estufa, que é de extrema importância para a existência da vida na terra, pois é responsável em manter as temperaturas médias globais. Entretanto, o aumento do nível de CO₂ na atmosfera tem provocado alterações climáticas em todo o planeta.

Durante a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1972, na Suécia, surgiu a ideia de desenvolvimento sustentável a partir do conceito de ecodesenvolvimento. O pensamento inicial de crescimento econômico sofreu uma mudança, já que a maioria dos ambientalistas começou a

delinear o desenvolvimento econômico a partir da sustentabilidade ambiental. (Brüseke, 1996)

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, desenvolvimento sustentável é aquele que não compromete a capacidade do planeta de atender as próximas gerações e ao mesmo tempo supre as necessidades da geração atual. Portanto, é o desenvolvimento que não esgota os recursos, tornando-os perenemente disponíveis, se possível.

O segmento residencial, que está inserido na construção civil, não é um ramo da economia com destaque relativamente ao consumo energético, diferente dos setores industriais, comerciais, de transporte e outras frações relacionadas ao setor residencial. O principal tema que é discutido quando se fala do consumo energético em uma habitação é o valor da fatura energética a ser paga no final do mês e a sua direta relação com a utilização dos equipamentos elétricos, principalmente os de arrefecimento e aquecimento.

Levando em conta que o consumo energético de uma casa está diretamente ligado ao gasto de energia de cada equipamento que está inserido nessa habitação, foram criados três programas que visavam classificar os equipamentos, sendo eles: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1984, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO); o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) em 1985, pela Eletrobrás; e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) em 1991, pela Petrobras.

O PBE considera características como a eficiência energética, o barulho e outros critérios que podem suggestionar na seleção dos consumidores e define informações sobre o comportamento dos equipamentos, veículos e edifícios consumidores de combustíveis. Após a análise de diversos fatores, é obtida uma classe energética que se apresenta através de faixas coloridas e letras, sendo “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente). A classificação destinada ao equipamento e outras informações consideradas importantes segundo o tipo do produto são expostas na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) que se encontra sob a superfície do produto.

O INMETRO em parceria com a Eletrobrás, estendeu o PBE para as edificações, desenvolvendo o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE EDIFICA), programa esse que avalia a eficiência energética das edificações comerciais, de serviços, públicas e residenciais. A partir daí, desenvolveram-se os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), juntamente com os seus documentos complementares, como os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R. (PROCEL EDIFICA, PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM, 2020)

As primeiras ações tomadas na construção civil portuguesa foram citadas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), em fevereiro de 1990 (Moreira, 2014). Devido ao crescimento do tema sustentabilidade e do avanço das políticas ambientais europeias, os regulamentos portugueses sofreram

reformulações em 2006 e em 2013 e passaram a ser obrigatórios em edifícios sujeitos a grandes intervenções e edifícios novos, diferente do programa de certificação brasileiro, que é obrigatório somente em edificações públicas, sendo opcional para os demais edifícios. A última reestruturação ocorreu com as publicações em Diário da República do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e do Sistema Nacional de Certificação e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).

As metodologias existentes no Brasil e em Portugal, visam estimar o desempenho energético das edificações e são fundamentadas nas necessidades e características de cada país. Isso demonstra que Brasil e Portugal estão focados na redução do consumo energético em seus territórios. Com isso, pode-se dizer que são países que estão trabalhando com o propósito de promover o desenvolvimento sustentável.

1.2 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo das metodologias de desempenho térmico de Portugal e do Brasil utilizadas em habitações, posteriormente aplicá-las em uma habitação com as soluções construtivas típicas brasileiras e por fim analisar como seria o comportamento térmico e energético de uma edificação brasileira no território português.

Os objetivos que serão desenvolvidos no decorrer do trabalho são:

- Expor os dados climáticos, de temperatura e pluviosidade do país sul-americano e do país europeu;
- Analisar o consumo energético e a sua produção dos países em questão;
- Identificar os regulamentos e as normas de desempenho térmico habitacional em Portugal e no Brasil;
- Avaliar o comportamento de uma pequena habitação construída com soluções construtivas brasileiras, admitindo que se situa no Brasil e em Portugal.

1.3 MOTIVAÇÃO

O consumo energético mundial está cada vez maior e o seu incremento está diretamente relacionado com o presente desenvolvimento socioeconômico. Esse aumento na demanda energética vem provocado indagações quanto ao impacto ambiental na obtenção e utilização das diferentes formas de energia e como reduzir ou compensar os efeitos negativos resultantes da queima dos combustíveis fósseis.

De acordo com um relatório divulgado pela AIE (Agência Internacional de Energia), em 2017 mais de 70% da demanda global de energia tinha como origem a queima dos combustíveis fósseis, enquanto quase todo o restante partia de fontes renováveis de energia. Uns dos principais produtos da combustão dos combustíveis fósseis são os gases do efeito estufa (GEE), que agravam o problema já existente na camada de Ozônio, provocando um aumento na intensidade dos raios ultravioletas na superfície do planeta, conseqüentemente, elevando a temperatura média mundial.

Com o crescimento da preocupação ambiental por parte dos órgãos responsáveis e da população, surge a questão do que pode ser feito para amenizar e diminuir os riscos e impactos gerados na utilização de fontes de energia não renováveis. Quando se trata em reduzir o consumo energético nas habitações alguns recursos estão em evidência no cenário mundial, como a instalação de placas fotovoltaicas ou de um sistema solar térmico, bem como a melhoria do desempenho térmico dos elementos da envolvente das edificações. Ambos os recursos têm como principal objetivo, por parte do usuário, a redução do valor da fatura de energia elétrica, porém, em conjunto com a redução do montante a ser pago no final do mês está a diminuição do consumo de energia produzida de forma centralizada.

A construção civil é caracterizada como um setor que possui uma das maiores pegadas ecológicas mundiais. Este ramo é responsável por gerar 25% de todos os resíduos sólidos, gastar 25% da água disponível e preencher 12% das terras do planeta, essa categoria extrai 30% dos materiais do ambiente, provocando um consumo energético que varia de 40% a 50% de toda a energia consumida, sendo também responsável por 35% das emissões de carbono e 33% das emissões de gases do efeito estufa no planeta. (Benite, 2011; Abreu, 2012)

Surge então o questionamento a respeito de otimizar o dispêndio de energia agregado a construção civil, seja na etapa da construção, da utilização ou da demolição. Desse modo é necessário estimular o desenvolvimento sustentável do ramo, diminuindo seus impactos ambientais diretos e indiretos. A eficiência energética não se trata da redução de um serviço, mas que esse mesmo serviço seja obtido com baixo consumo de energia. Na esfera da construção civil e da arquitetura para um edifício ser considerado mais eficiente quando comparado a outro, é necessário que ele ofereça as mesmas condições ambientais, porém com um menor consumo energético.

Com o objetivo de se suprir as necessidades de conforto térmico dentro de uma habitação, foram desenvolvidos os sistemas de arrefecimento e aquecimento artificiais, porém de início, não havia uma preocupação relativa ao consumo energético desses equipamentos. Hoje, sabe-se que em regiões quentes como grande parte do Brasil e em regiões frias como quase todo Portugal, os sistemas que proporcionam o conforto térmico representam grande parte do consumo energético das habitações. Esse aumento da fatura energética, mediante a utilização dos sistemas, faz com que a maioria dos usuários evitem o uso.

Com isso, é necessário encorajar as construtoras a investirem em soluções construtivas mais eficientes, na utilização de sistemas renováveis de energias, a reduzir ao máximo os resíduos produzidos e ao emprego de técnicas que conduzam melhores

classificações do desempenho energético, para que seja possível garantir a sustentabilidade do planeta.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho realizou-se baseado em pesquisas bibliográficas e na resolução de um estudo de caso proposto fundamentado em um pequeno edifício de habitação unifamiliar com soluções construtivas tipicamente utilizadas no Brasil.

O desenvolvimento da pesquisa teórica abordou os principais temas diretamente relacionados ao consumo energético, sendo eles: os acordos internacionais para preservação ambiental; panorama climático brasileiro e português; panorama energético brasileiro e português; poluição atmosférica; eficiência energética nas habitações e as normas e regulamentos referentes ao consumo energético residencial adotados no Brasil e em Portugal.

O caso de estudo propôs a aplicação de diferentes metodologias, brasileira e portuguesa, em uma habitação construída no Rio de Janeiro, com o propósito de analisar como essa mesma habitação se comportaria em mais três cidades, uma no território brasileiro e duas em Portugal. Apresentando as classificações obtidas nas quatro cidades e uma breve comparação entre os tópicos adotados por cada metodologia.

Posteriormente foram apresentadas propostas de melhorias e adequações nas diretrizes brasileiras. Essas orientações têm como base os critérios analisados pelo regulamento português e que são desprezados pelo método prescritivo do regulamento brasileiro, assim como os requisitos mínimos a aplicar que, embora sejam mais severos em Portugal, poderão ser adaptados ao clima, exigências de conforto e tecnologias construtivas do Brasil.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos:

O capítulo 1 contém a introdução, sendo ela composta pela apresentação do tema, objetivos, motivação e metodologia.

O capítulo 2 compreende as pesquisas bibliográficas que abrangem a evolução histórica dos programas regulamentares e suas normativas de desempenho energético em Portugal e no Brasil, bem como, dados climáticos e energéticos de ambos os países.

No capítulo 3 é tratado o caso de estudo, onde são expostas as características construtivas mais relevantes sobre a habitação estudada e os dados climáticos das regiões onde as moradias estarão inseridas.

O capítulo 4 expõe os resultados do projeto proposto de acordo com as características empregadas, possibilitando uma comparação das metodologias regulamentares aplicadas em Portugal e no Brasil.

O capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho desenvolvido, as considerações finais e propostas para futuras pesquisas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 ACORDOS INTERNACIONAIS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL
- 2.2 PANORAMA CLIMÁTICO
- 2.3 PANORAMA ENERGÉTICO
- 2.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
- 2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS HABITAÇÕES
- 2.6 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS E PORTUGUESAS

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o objetivo de compreender todos os conceitos básicos quando se trata da eficiência energética nas habitações e o porquê do surgimento dessa preocupação por parte da população, é importante entender a evolução histórica dos temas que provocaram tal cuidado com a construção civil.

Desde meados do século XX há debates por parte de instituições governamentais quanto aos cuidados e precauções a serem tomadas com o meio ambiente devido à percepção quanto a possível escassez desses recursos em breve e a relação direta da utilização deles com as alterações climáticas e o aumento da poluição mundial.

Portanto, é importante entender como Brasil e Portugal se encaixam nesse cenário de preservação do meio ambiente, fazendo então um estudo do histórico dos acordos firmados com outras grandes potências, das alterações climáticas sofridas em seus territórios, das principais fontes energéticas utilizada por cada país no decorrer das últimas décadas e das ações tomadas pelos dois países em prol da eficiência energética habitacional.

2.1 ACORDOS INTERNACIONAIS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

As tensões e os conflitos relacionados ao uso dos recursos naturais e do espaço ocorrem à medida que a capacidade do ser humano em interceder na natureza aumenta, com o intuito de atender seus desejos e necessidades crescentes. Com o aumento da população e conseqüentemente do uso dos recursos naturais, consumo energético e impactos ambientais, viu-se a necessidade de intervenção governamental para frear o mau uso do meio ambiente.

O objetivo dessas iniciativas das comunidades mundiais era minimizar os efeitos do mau uso dos recursos ambientais e tentar segurar os impactos dessa má utilização por parte não só da população, mas também das grandes empresas e órgãos governamentais que deviam ter a racionalização e preservação ambiental como um dos seus principais propósitos.

Os problemas socioambientais levantaram diversas discussões no cenário mundial, como a indiferença, as justificativas banais e, também, a busca por alternativas de enfrentamento desses conflitos. Com isso, depois que a ciência indicou os impactos ambientais provocados pelo homem, organizações governamentais e não governamentais, começaram a se esforçar na reversão desse cenário, criando assim as conferências do meio ambiente. Movimentos esses que se tornaram referências no

combate ao impacto ambiental e na conscientização planetária, seu objetivo é debater questões socioambientais, correlacionando o desenvolvimento e a natureza.

Não há um marco inicial nítido do movimento ambientalista, porém destacam-se algumas iniciativas que passaram a ser discutidas a partir da década de 1970 conforme a Figura 1 e são descritas posteriormente.



Figura 1 - Ordem cronológica dos acordos internacionais relacionados ao meio ambiente.

- Relatório "Limites do Crescimento" – Publicado na década de 1970, preparado pelo Clube de Roma. O relatório é considerado um dos primeiros estudos científicos tratando da preservação ambiental e nele foram identificadas quatro questões a serem trabalhadas para a obtenção da sustentabilidade, sendo elas: o controle do crescimento populacional, o controle do crescimento industrial, a insuficiência da produção de alimentos e o esgotamento dos recursos naturais (UFRRJ, 2012).
- Conferência das Nações Unidas de Estocolmo – Ocorreu em 1972 e marcou a consolidação da importância das questões relacionadas à degradação ambiental no cenário mundial, destacando a importância da inserção do fator meio ambiente nas questões relativas ao desenvolvimento econômico (Lago, 2006).
- Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) – Conhecida com a Comissão Brundtland foi criada em 1983 e em 1987 entregou o documento final desse estudo que foi chamado de "Nosso Futuro Comum" (Our Common Future), também conhecido como Relatório de Brundtland, onde foi proposto o desenvolvimento sustentável, que é *"aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades"* (ONU, 2020).
- Protocolo de Montreal – Tratado Internacional firmado em 1987 que impôs obrigações específicas, em especial a progressiva redução da produção e consumo das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDOs) até sua total eliminação, entrando em vigor dia 01 de janeiro de 1989 (Silva, 2009).
- Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92 ou ECO-92) – Ocorreu em 1992 e teve como base o Relatório de Brundtland, promovendo o debate das conclusões e propostas presentes no documento, principalmente, o conceito já citado de desenvolvimento sustentável. Um dos

resultados nesse evento foi a Agenda 21, que se tratava de um processo e instrumento de planejamento para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente (Leis, 1993).

- Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio+5) – Ocorreu em 1992 em Nova York e um dos objetivos era acompanhar o andamento dos compromissos firmados no Rio de Janeiro em 1992, decorrente da lenta implementação da Agenda 21 (Cordani, Marcovitch, & Salati, 1997).
- Protocolo de Quioto – Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi fruto da Rio+5 se tratando de um acordo internacional que compromissava a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa, entrando em vigor somente em 2005 e obrigando que todos os países-membros reduzissem em pelo menos 5,2% o nível de emissão dos gases em questão no período de 2008 a 2012 quando comparado com as emissões de 1990 (Silva, 2009).
- Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10) – Realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2002 com o objetivo de reavaliar e implementar as soluções e medidas propostas na Rio-92, tinha o intuito de prosseguir com o debate e propor atos mais ambiciosos e mais bem direcionados a alguns problemas ambientais (Sequinel, 2002).
- Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20) – Foi realizada no Rio de Janeiro em 2012 e marcou os 20 anos da Rio-92, definindo a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas e abordando os principais temas relacionados a erradicação da pobreza e ao desenvolvimento sustentável (Guimarães & Fontoura, 2012).
- Cimeira das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável – Realizada em setembro de 2015, em Nova York, firmou um acordo entre os 193 Estados-Membros da Organização das Nações Unidas, conhecido como Agenda 2030, que engloba 17 objetivos e 169 metas para os países desenvolvidos e em desenvolvimento com o propósito ambicioso de acabar com a pobreza, fome e desigualdade até 2030, além de assegurar uma proteção duradoura dos recursos naturais (Araújo, 2020).
- 21ª Conferência das Partes – Ocorreu em Paris em 2015 e nela chegou-se a um novo acordo que objetivava intensificar a resposta global diante da provável alteração climática e de fortalecer a capacidade dos países em lidar com os impactos provenientes dessa mudança. Ficou conhecido com o Acordo de Paris e foi aprovado por 195 países com o objetivo da redução dos gases do efeito estufa (GEE) no âmbito do desenvolvimento sustentável (Arruda, 2016).
- Cimeira Mundial do Clima – Ocorreu em Madrid em 2019, e teve como objetivo um acordo sobre as regras dos mercados internacionais de carbono. Entretanto, não houve nenhuma conclusão contundente, ocorrendo o adiamento de mais um ano, para a Cimeira de Glasgow, em 2020, onde se espera que cada país estabeleça planos concretos para as emissões de carbono (Diário de Notícias, 2019).

Durante esses encontros e conferências internacionais sobre o meio ambiente, foi discutido por lideranças mundiais a relação do homem com a natureza. Desastres como o aquecimento global, a poluição de rios e oceanos e os buracos na camada de ozônio, foram assuntos abordados nesses encontros, a grande questão era que para a solução desses temas, se fazia necessária toda uma reestruturação no modo de produção e consumo da sociedade.

Diante do esforço mundial para frear os impactos ambientais já presentes e evitar o surgimento de novos, é possível observar que em algumas potências econômicas mundiais houve uma redução significativa na emissão de CO₂, que é um dos principais gases agravadores do efeito estufa. Na Figura 2 é possível verificar a variação da produção do CO₂ e analisar os índices de emissão de alguns países e potências econômicas em 1992 e em 2018.

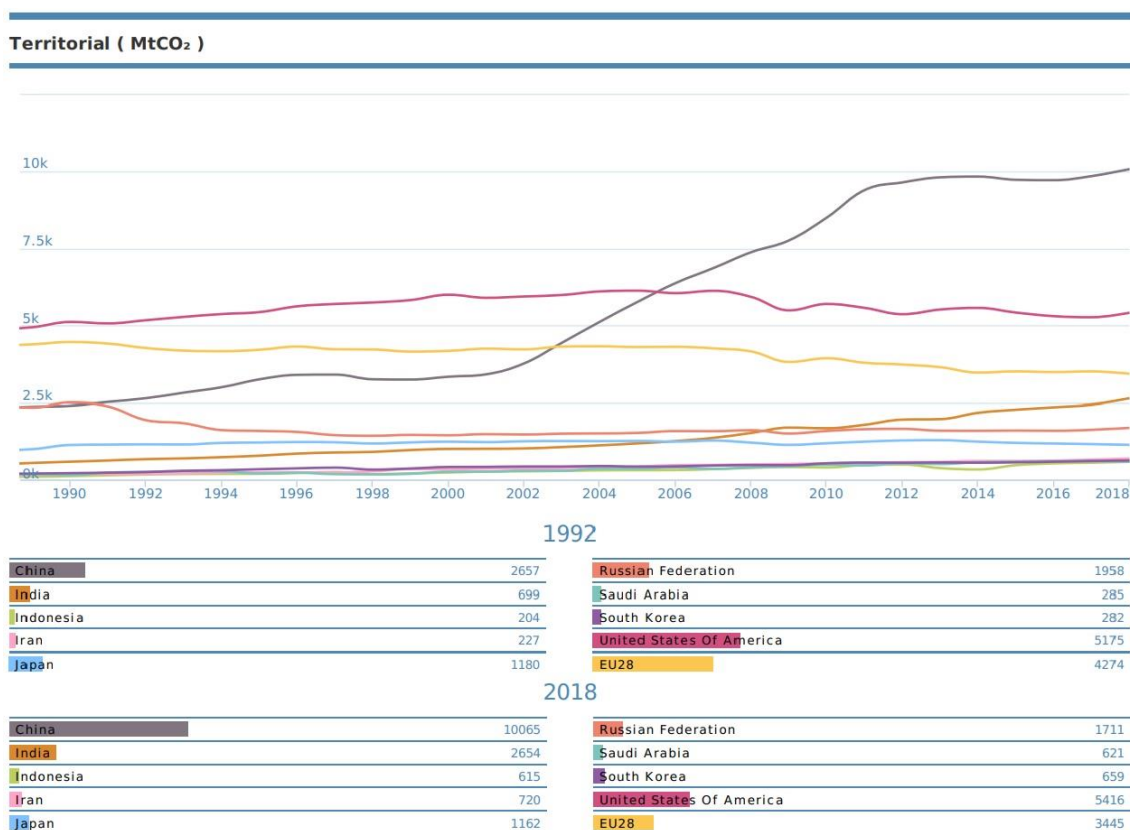


Figura 2 - Comparativo das Emissões de CO₂ nas potências mundiais em milhões de toneladas (ATLAS, 2020).

Não se pode passar despercebida a pandemia presente no mundo no primeiro semestre de 2020, com a circulação do COVID19. A partir de tal fato, foi desenvolvido um acompanhamento dos índices de CO₂ despejados na atmosfera pelas principais potências mundiais durante esse período, chamado de Carbon Monitor. Através da Figura 3 é possível verificar o comparativo da emissão do gás carbônico entre os períodos de 01 de janeiro de 2019 à 31 de maio de 2019 e 01 de janeiro de 2020 à 31 de maio de 2020 na China, no Brasil e na EU27 & Reino Unido.

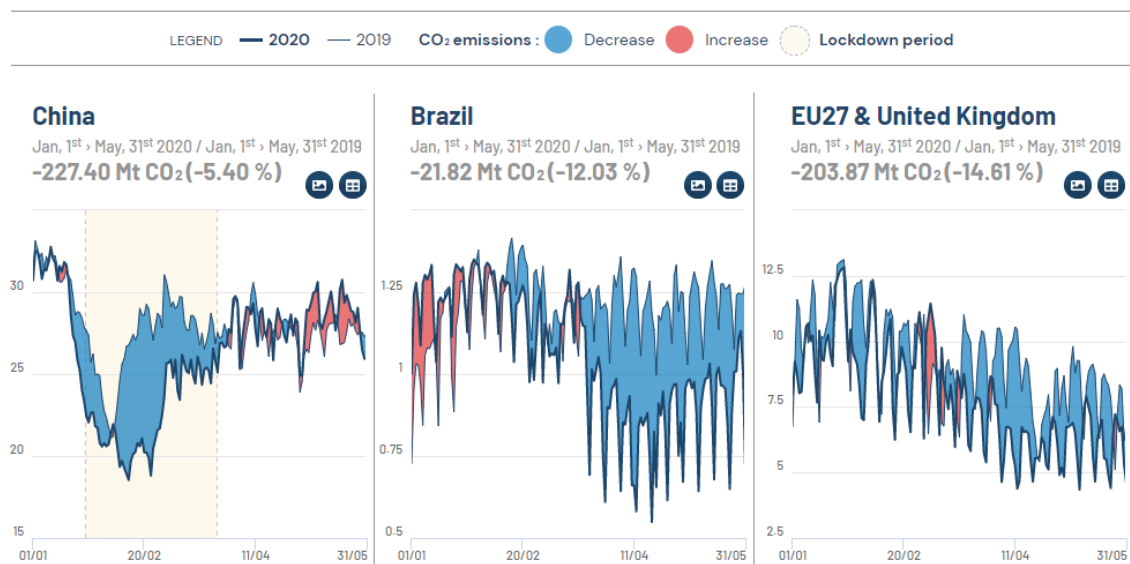


Figura 3 - Comparativo das emissões de CO₂ durante a pandemia do COVID19 (Monitor, 2020).

Através dos gráficos acima é possível observar que durante o período da pandemia, todos os países apresentados manifestaram uma redução significativa na emissão do CO₂ na atmosfera. Isso ocorreu devido à parada de inúmeras indústrias, à redução no uso dos diversos tipos de transporte e à paralisação e/ou redução de vários outros setores que também são responsáveis pela alta emissão do gás carbônico.

2.2 PANORAMA CLIMÁTICO

2.2.1 TIPOS DE CLIMA

O clima de um determinado lugar depende de diversos elementos, como a altitude, a latitude, as massas de ar, as correntes do mar e a maritimidade ou continentalidade. O Brasil é um país com a extensão de 8.515.767,049 km² (IBGE, 2020), enquanto o território português é de 92.225,61 km² (INE, 2020), correspondendo a aproximadamente 1,1% da área brasileira, em função da enorme dimensão territorial, é possível observar que dentro do Brasil a variação climática será muito mais acentuada quando comparada à do território português.

É importante entender a diferença climática entre Brasil e Portugal, como é o seu comportamento de acordo com as estações do ano e da extensão territorial de cada país. O Brasil tem a maior parte do seu território compreendida entre a Linha do Equador e o Trópico de Capricórnio e está localizado no hemisfério Sul da Terra, características essas que implicam em uma região mais quente e seca. Portugal está mais próximo da Zona Polar Ártica, acima do Trópico de Câncer, com isso apresenta temperaturas médias mais baixas.

É possível observar na Figura 4 que há a presença de quatro tipos de clima no território brasileiro (Equatorial, Tropical, Semiárido e Subtropical), enquanto em Portugal há somente um tipo, o Mediterrâneo. Isso se dá em função da divergência quanto a extensão e a localização geográfica no Planeta Terra de cada país.

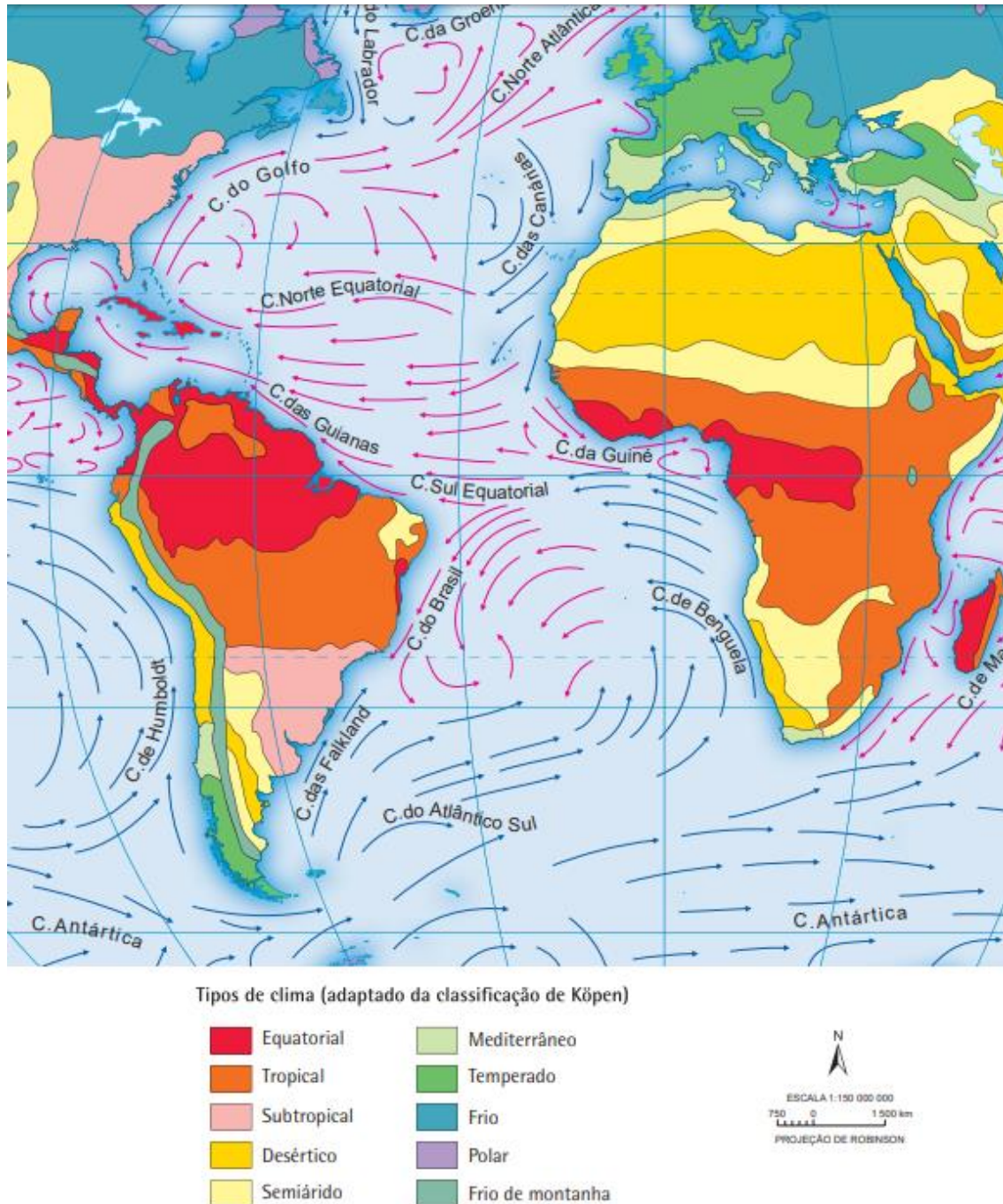


Figura 4 - Tipos de clima no Brasil e em Portugal (IBGE, 2020).

2.2.2 TEMPERATURAS E PLUVIOSIDADES

Do mesmo modo em que os tipos climáticos variam em função da localização geográfica, as temperaturas e os índices pluviométricos seguem as mesmas premissas, a característica que mais interfere nesses parâmetros de uma determinada região é a dinâmica das massas de ar, sendo o fator mais importante perante a sua relação direta com a temperatura e a pluviosidade, provocando as diferenciações climáticas regionais. Devido a localização geográfica brasileira, é correto afirmar que as massas de ar que atuam mais diretamente são a equatorial (continental e atlântica), a tropical (continental e atlântica) e a polar atlântica.

O Brasil é dividido em cinco regiões e cada região apresenta a sua particularidade quando se fala em clima, temperatura e índice pluviométrico conforme é descrito por e pode ser visualizado na Figura 5 (Geomundi, 2020):

- Região Norte – A temperatura média anual varia entre 24°C e 26°C. Quanto a pluviosidade, a distribuição espacial não é tão homogênea como a da temperatura. O total anual é superior aos 3.000 mm na foz do rio Amazonas, no litoral do Pará e a ocidente da região, enquanto na direção noroeste-sudeste de Roraima e leste do Pará os índices pluviométricos anuais correspondem de 1.500 a 1.700 mm;
- Região Nordeste – A temperatura média anual varia de 20°C a 28°C. O período de chuvas na região nordeste é muito irregular, podendo nem ocorrer ou ser de apenas três meses, e os índices pluviométricos são inconstantes, variando de 300 a 2.000 mm por ano;
- Região Sudeste – A temperatura média anual é bastante diversificada nessa região, isso ocorre devido a posição latitudinal, a topografia acidentada e a influência dos sistemas de circulação perturbada. Apresenta as principais características do clima tropical, porém está na faixa de transição entre os climas mesotérmicos das latitudes médias e os climas quentes das baixas latitudes. Na divisa entre São Paulo e Paraná a temperatura média anual é de 20°C e no norte de Minas Gerais a temperatura é de 24°C. Nas serras que são áreas mais elevadas as medias de temperatura anuais chegam a ser inferiores a 18°C. Assim como a temperatura, os índices pluviométricos totais anuais nessa região variam bastante, onde alguns pontos apresentam apenas 900 mm e outros locais podem chegar até 3.600 mm;
- Região Sul – A temperatura média anual fica entre 14°C e 22°C na maior parte do território, porém em locais com mais de 1.100 m de altitude, fica cerca de 10°C. A pluviosidade total anual está entre 1.2500 mm e 2.000 mm no interior da região e acima de 2.000 mm no litoral;
- Centro-Oeste – A temperatura média anual varia entre 20°C e 22°C na maior parte do seu território. O índice pluviométrico total anual tem o seu máximo de 3.000 mm ao norte do Mato Grosso e pode chegar até o mínimo de 1.250 mm no Pantanal Mato-Grossense.

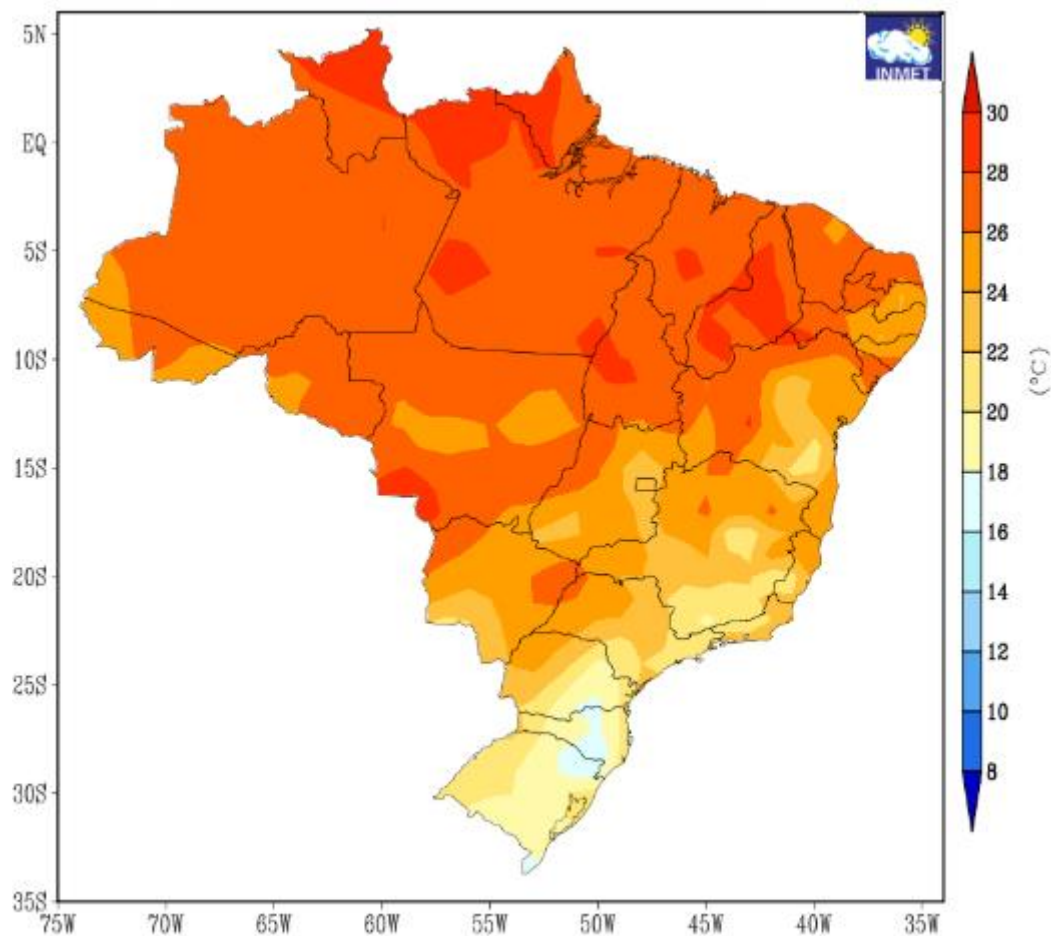


Figura 5 - Temperaturas médias brasileiras em 2019 (INMET, 2020).

Em razão do território português ser muito menor quando comparado ao brasileiro, não há tanta discrepância climática. De acordo com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2019), o valor médio anual da temperatura do ar em 2019 foi de 15,58°C, apresentando os valores médios das temperaturas mínimas e máximas de 9,61°C e 21,54°C respectivamente. Enquanto a precipitação total anual em 2019 foi de 755,6 mm e quanto à distribuição no território, os valores ficaram mais elevados do que o habitual na região Noroeste e em parte da região Centro e inferiores nas outras regiões, com destaque para o Alentejo e o Algarve.

Na Figura 6 é possível observar os valores, em 2019, de temperatura e precipitação média em todo o território continental português.

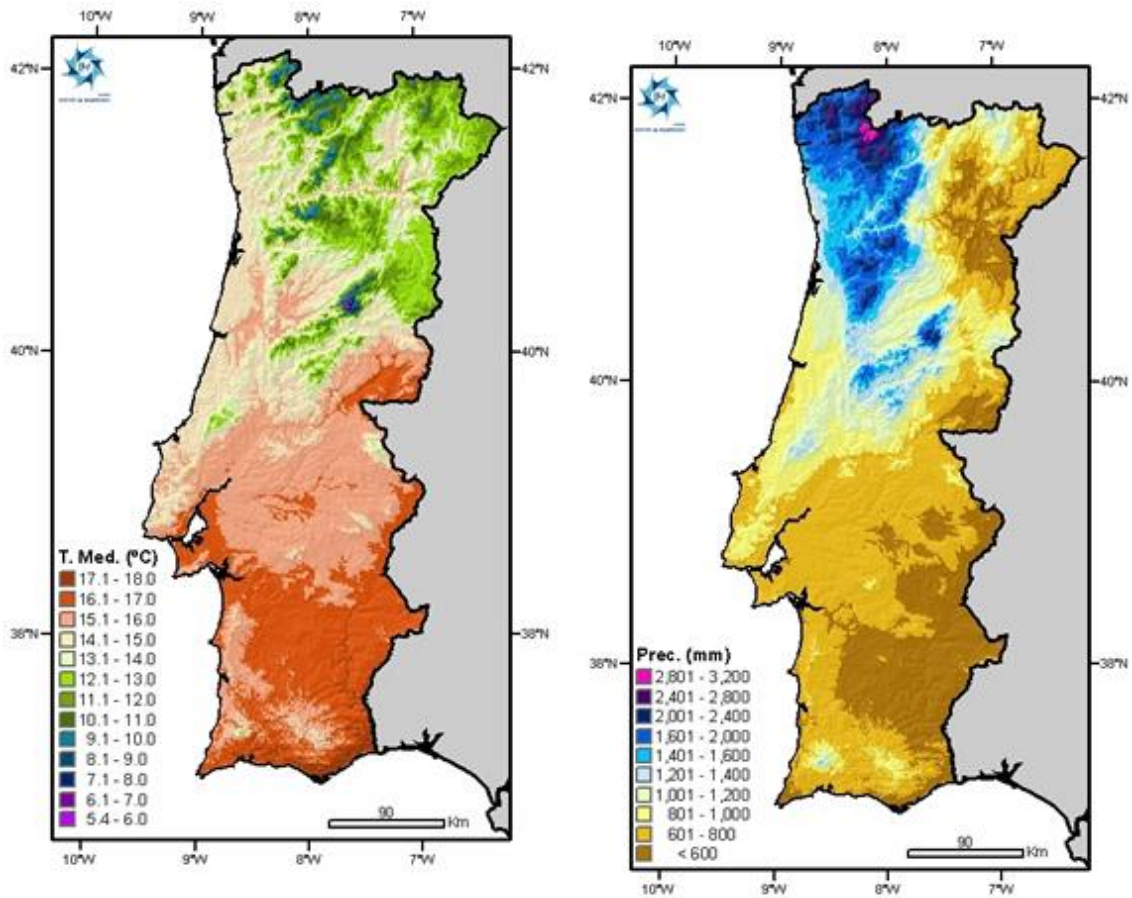


Figura 6 - Distribuição geográfica da temperatura média e da precipitação acumulada em 2019 (IPMA, 2020)

2.3 PANORAMA ENERGÉTICO

É essencial conhecer os cenários energéticos português e brasileiro dos últimos anos, para poder entender as necessidades relacionadas à sua eficiência. Será vista a composição da matriz energética de ambos os países, bem como o peso que a energia renovável tem na geração de eletricidade.

2.3.1 PANORAMA ENERGÉTICO BRASILEIRO

O Brasil apresenta ao longo do seu território diferentes matérias-primas necessárias para a geração energética. Ainda que essa presença seja divergente em quantidade e proximidade, isso não se tornou um problema quanto ao suprimento da demanda interna, nem fez com que o país recorresse ao petróleo externo.

A oferta interna de energia no Brasil foi de 288,4 Mtep em 2018, sendo superior em 1,7% quando comparado a de 2017. No caso da energia elétrica ocorreu um incremento de 10,7 TWh na oferta interna em relação ao mesmo período e devido aos

longos períodos de chuva registrados ao decorrer do ano, a produção energética proveniente de hidroelétricas foi superior em 4,1%. A geração de energia eólica também sofreu um aumento de 14,4% no período citado e fez com que 83,3% da matriz elétrica brasileira fosse oriunda de fontes renováveis em 2018 (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Em 2018 o Brasil registrou um aumento de 1,4% do consumo final de energia elétrica, os principais setores responsáveis por tal fator foram o Residencial que cresceu 1,8 TWh (1,3%), seguido pelo Energético que expandiu o seu consumo em 1,7 TWh (5,4%), o Industrial 1,2 TWh (0,6%) e o Agropecuário 1,1 TWh (3,9%) (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

As fontes renováveis de energia foram responsáveis por 45,3% da matriz energética brasileira em 2018, enquanto as fontes não renováveis corresponderam a 54,7% e é possível observar suas distribuições de acordo com os setores na Figura 7.



Figura 7 - Repartição da oferta interna de energia no Brasil (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Quando se trata de energia elétrica, o Brasil aparece em um cenário muito promissor, 80,5% da eletricidade consumida no país em 2017 foi proveniente de fontes renováveis, e em 2018, esse percentual aumentou para 83,3%, um índice muito elevado quando comparado ao restante do mundo que apresenta uma média de apenas 24,0% da energia elétrica vindo de fontes renováveis (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Na Tabela 1 está apresentado o avanço da matriz elétrica de 2017 para 2018 no Brasil, pode-se ver que houve um aumento significativo na fonte solar fotovoltaica, isso se dá em função do crescimento da implantação desse sistema nas habitações e indústrias. Também é possível verificar uma redução considerável no consumo dos combustíveis fósseis na geração de energia elétrica no território brasileiro, como o gás natural e os derivados do petróleo.

Tabela 1 - Geração Elétrica Brasileira (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

| Fonte | 2017 (GWh) | 2018 (GWh) | Δ 18/17 |
|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| Hidrelétrica | 370.906 | 388.971 | 4,9% |
| Gás Natural | 65.593 | 54.622 | -16,7% |
| Biomassa | 51.023 | 52.267 | 2,4% |
| Derivados do Petróleo | 12.458 | 9.293 | -25,4% |
| Nuclear | 15.739 | 15.674 | -0,4% |
| Carvão Vapor | 16.257 | 14.204 | -12,6% |
| Eólica | 42.373 | 48.475 | 14,4% |
| Solar Fotovoltaica | 832 | 3.461 | 316,0% |
| Outras | 14.146 | 14.429 | 2,0% |
| Geração Total | 589.327 | 601.396 | 2,0% |

Outro fator importante no panorama energético de um país é o conhecimento da utilização energética por setores, para que com esses dados seja possível traçar estratégias a fim de reduzir consumos excessivos e organizar melhor o sistema energético, consequentemente aumentando a sua eficiência.

De acordo com EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2019), a utilização da energia no território brasileiro deu-se pela seguinte divisão:

- Transportes – 32,7%
- Indústrias – 31,7%
- Setor Energético – 11,2%
- Residências – 9,9%
- Serviços – 4,9%
- Agropecuária – 4,1%

Olhando mais especificamente para a energia elétrica brasileira, em 2018, a oferta interna brasileira foi de 636,4 TWh, um aumento de 1,7% quando comprado ao ano anterior. O consumo elétrico final (Sistema Interligado Nacional + Isolados + Autoprodução) em 2018 foi de 535,4 TWh, ou seja, quase 100 TWh menor do que a oferta interna (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Com base nos valores resultantes do consumo final e da oferta interna pode-se afirmar que o Brasil é eletricamente autossuficiente. Entretanto isso não é o que ocorre efetivamente no país, que continua importando energia elétrica de países vizinhos. Em Roraima, por exemplo, até março de 2019 era a Venezuela que fornecia a eletricidade, isso dava-se em função do estado brasileiro não fazer parte do Sistema Integrado Nacional (SIN). Para Roraima produzir a própria energia através das termoeletricas locais, o custo é de cerca de R\$ 107 milhões por mês, enquanto o fornecimento mensal da Venezuela custava apenas R\$ 62 milhões, ou seja, a energia brasileira nesse caso é 72% mais cara que a importada, justificando assim a importação (G1, 2020).

2.3.2 PANORAMA ENERGÉTICO PORTUGUÊS

Ao contrário do Brasil, Portugal não apresenta ao longo do seu território todas as fontes energéticas necessárias na demanda interna. O país carece de fontes fósseis, as quais são responsáveis pelo gás natural e o petróleo, matérias-primas essenciais na produção energética. A aquisição desses insumos é um dos principais desafios da política energética nacional em função da dependência energética portuguesa desses combustíveis, que ficou entre 70% e 90% nos últimos 20 anos. Isso ocorre devido ao elevado peso desses consumos na energia primária necessária (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

A sua política energética nacional visa incentivar as energias renováveis e a eficiência energética, a fim de reduzir a dependência da importação dos combustíveis fósseis. Entretanto, não há como se tornar completamente independente quando se está vulnerável a climatologia. Em 2017 o índice de hidraulicidade foi extremamente baixo (0,47), provocando então uma redução significativa na produção elétrica através dessa fonte renovável, aproximadamente 45% do ano anterior. Dessa forma Portugal sempre vai depender de certa forma dos combustíveis fósseis, já que a regularidade do abastecimento é mais facilmente prevista (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

Em 2017 o consumo total de energia primária registrado em Portugal foi de 22.492 ktep, apresentando um consumo 3,6% maior quando comparado ao de 2016. Na Figura 8 é possível verificar o peso de cada fonte primária no setor energético português em 2017.

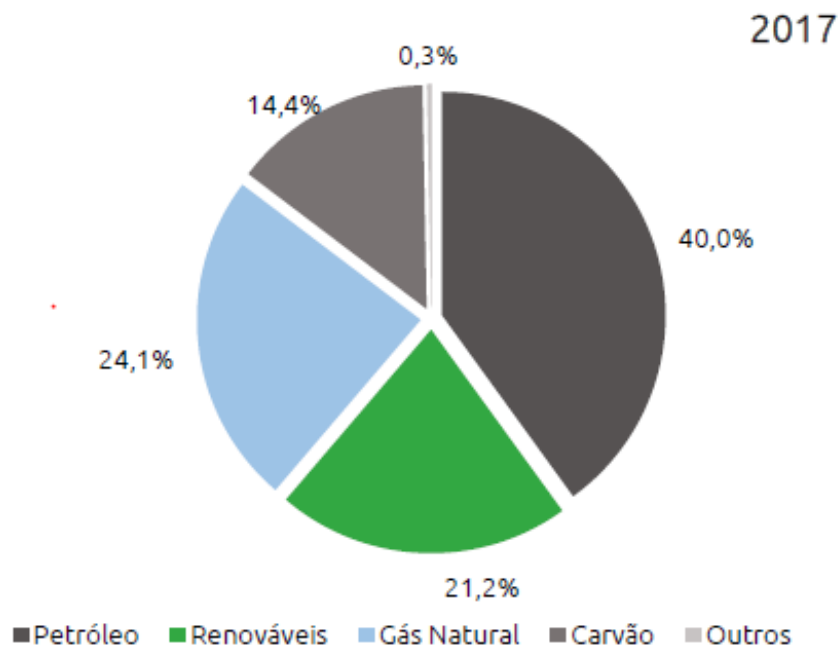


Figura 8 - Matriz energética portuguesa em 2017 (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

Quando se trata da energia elétrica, Portugal aparece em um bom cenário assim como o Brasil. É possível observar na Figura 9 que 72,1% da energia elétrica consumida

no país em abril de 2020 foi proveniente de fontes renováveis, na sua maioria hídrica e eólica. Entretanto, não é possível ter elevada confiabilidade nas fontes renováveis e esperar que o país se torne um dia autossuficiente, pois estes tipos de fonte dependem de fenômenos naturais com magnitudes não controláveis.

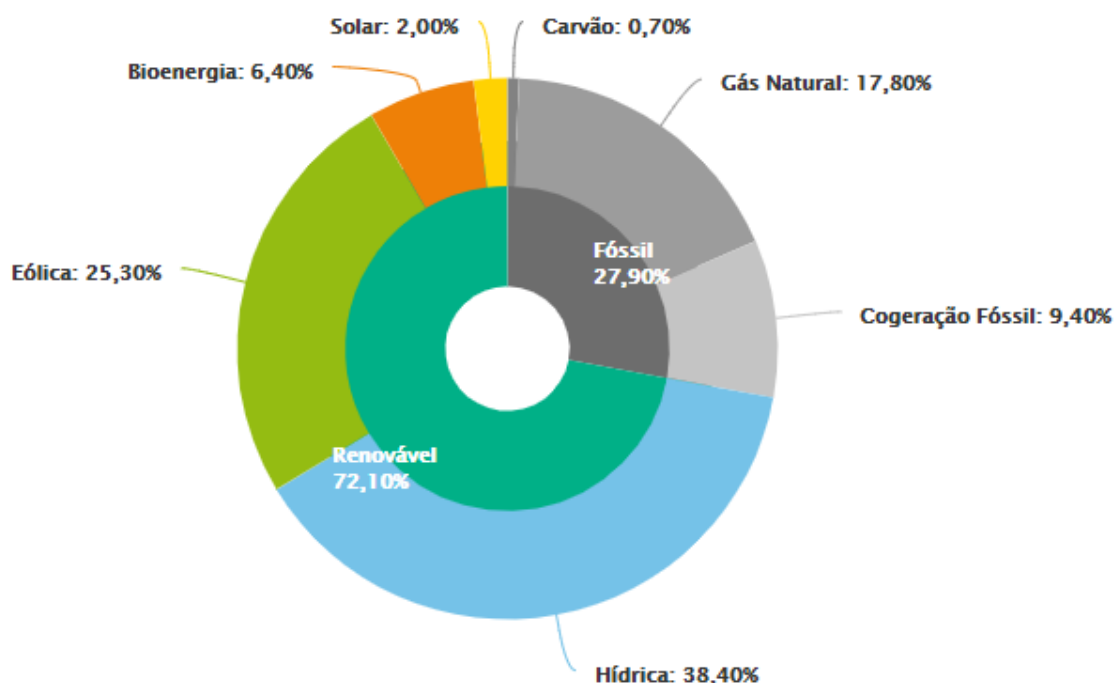


Figura 9 - Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental - abril 2020 (APREN - Associação de Energias Renováveis, 2020).

Distribuindo a energia elétrica consumida no território português por setores, verifica-se que o setor doméstico é o terceiro maior utilizador, representando 16,4% do consumo total, ficando atrás apenas dos setores do transporte e da indústria com 37,2% e 31,3% respectivamente. Sendo de extrema importância o incentivo e a pesquisa em diferentes formas de reduzir o consumo e aumentar a eficiência energética nas habitações. Algumas atitudes já vem sendo tomadas e com elas foi possível observar uma redução de 2,2% do consumo doméstico entre 2007 e 2017 (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

Quando comparado o peso do consumo elétrico habitacional português e brasileiro, as residências europeias são responsáveis por uma parcela maior da demanda energética. No Brasil, em 2018, 9,9% de toda a energia consumida foi destinada às habitações, sendo apenas 46,4% dessa energia, elétrica (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019). Já em Portugal, como comentado, o setor doméstico representa 16,4% de todo o consumo elétrico nacional, fazendo com que se torne mais importante o incentivo à construção de edificações mais energeticamente eficientes no território Europeu.

2.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Outro tema muito evidente no cenário mundial é a poluição e consequentemente a destruição da camada de ozônio. As conferências sobre o clima vêm tratando com mais frequência esse assunto, analisando e criando limites para índices de emissões dos principais gases poluentes.

Em Portugal as emissões dos gases com efeito estufa (GEE) foram de cerca de 70,8 Mt CO₂ em 2017, esse valor foi 7% superior ao de 2016 devido a utilização significativa de combustíveis fósseis no decorrer do ano já que as condições climáticas exigiram tal atitude. Entretanto, se for analisado o período de 2005 a 2017 Portugal apresenta uma boa evolução em prol da redução dos GEE, com um decréscimo de 18% nas emissões totais e 20% nas emissões do setor energético (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

Relativamente aos 28 países pertencentes à União Europeia, Portugal apresentou em 2017 um valor médio das emissões totais dos GEE por habitante cerca de 21% abaixo do valor médio de todos os estados, com uma emissão aproximada de 8,7 t CO₂-eq/habitante. Provando que o país está no caminho certo para reduzir cada vez mais a emissão dos gases agravantes do efeito estufa (Observatório da Energia; DGEG; ADENE, 2019).

No Brasil o total de emissões associadas à matriz energética em 2018 foi de 416,1 Mt CO₂, com a maioria sendo proveniente do setor de transportes, cerca de 192,7 Mt CO₂. Quanto as emissões por habitante, a média brasileira foi de 2,0 t CO₂-eq/habitante, sendo esse valor aproximadamente 7,5 menos do que um americano e 3 vezes menos do que um europeu ou um chinês emitem de acordo com os dados divulgados pela Agencia Internacional de Energia (IEA), para o ano de 2016 (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2019).

Fazendo uma breve comparação com os dados portugueses e brasileiros acima expostos, é possível reconhecer que mesmo Portugal apresentando um dos melhores cenários dentro da União Europeia no que diz respeito às emissões dos GEE, o cidadão brasileiro em 2018 emitiu apenas 23% da quantidade de gases quando comparado às emissões de um cidadão português em 2017.

O período de pandemia devido ao COVID19 acarretou em uma redução forçada das principais atividades produtoras dos gases responsáveis pela poluição ambiental, possibilitando a percepção de aspectos positivos no meio ambiente. De acordo com um estudo publicado no final de abril de 2020 pelo Center for Research on Energy and Clean Air (CREA), cerca de 11 mil mortes haviam sido evitadas na Europa, nos últimos 30 dias, devido à redução de poluentes na atmosfera, esse efeito ocorreu em função da queda de 37% da geração de energia a partir do carvão e do consumo do petróleo, que diminuiu cerca de 1/3. A queima do carvão e do óleo são as principais fontes de poluição por dióxido de nitrogênio (NO₂) e por partículas na Europa (CREA, 2020).

2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS HABITAÇÕES

Diante do cenário desfavorável no que diz respeito ao consumo energético, e considerando que o setor das edificações aparece como um dos principais consumidores de eletricidade no mundo, alguns países começaram a implementar programas e políticas com o fim de controlar e reduzir ao máximo esse desperdício energético.

De acordo com Moura & Motta (2013), o ramo das edificações apresenta estudos e tecnologias capazes de proporcionar conforto térmico para seus usuários. Somando isso à consciência da população de que deve haver redução do consumo energético e melhor aproveitamento dos equipamentos, serão evitados gastos desnecessários. Pode-se dizer que antigamente a preocupação da construção civil estava voltada somente para a parte estética, o que não ocorre mais atualmente, com a atenção voltada também para soluções construtivas que promovam o conforto térmico e, conseqüentemente, a redução do consumo energético.

Dentre as alternativas disponíveis atualmente para promover uma maior eficiência energética das habitações, algumas apresentam elevados custos poderiam impactar no orçamento do projeto, como por exemplo a implementação de sistemas de aquecimento de água solar ou a produção de eletricidade por meio de painéis solares. Entretanto, há outras medidas a serem tomadas que não oneram de forma significativa nos custos e ao mesmo tempo são importantes na eficiência de um edifício, como o aproveitamento dos fatores climáticos externos para ventilação, controle da temperatura e da iluminação (Santos, 2019).

Diversas habitações apresentam temperaturas internas baixas no inverno e/ou elevadas no verão, provocando o desconforto térmico do usuário. Isso se dá se normalmente pela má utilização das características climáticas locais na fase de projeto da edificação e, conseqüentemente, a seleção inadequada dos materiais e sistemas construtivos. Com isso, haverá um aumento no gasto energético com sistemas de aquecimento e arrefecimento para proporcionar conforto térmico (Maciel, 2013).

Uma classificação muito utilizada mundialmente nos dias de hoje para medir a eficiência energética dos edifícios é a LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, em português “Liderança em Energia e Design Ambiental”), o selo é conferido pela organização norte-americana Green Building Council (GBC). Em 2018, o Brasil apresentava 531 projetos com essa certificação e estava em quarto lugar no ranking mundial, enquanto Portugal não figurava nem entre os dez países com mais edificações certificadas no mundo (Brasil, 2020).

2.6 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES BRASILEIRAS E PORTUGUESAS

Quando se trata das legislações aplicadas no Brasil ou em Portugal, o país europeu parte na frente do sul-americano. Apesar do governo brasileiro apresentar programas ligados à sustentabilidade e eficiência energética desde os anos 80, não há atualmente nenhuma legislação a respeito da eficiência energética em edifícios residenciais que obrigue a apresentação de alguma certificação, atestando a sustentabilidade, ou o grau de eficiência dos componentes construtivos, ou que exija a utilização de sistemas e estruturas com o funcionamento otimizado e que evitem o desperdício de energia. Já em Portugal, apesar de apresentar uma legislação mais recente, a partir de 2006 tornou-se obrigatório o cumprimento de requisitos de eficiência em todas as novas edificações ou aquelas sujeitas a grandes intervenções (Santos, 2019).

A análise de desempenho térmico nas edificações no Brasil é feita baseada nas normas ABNT NBR 15220 – Desempenho Térmico das Edificações de 2005 e na ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais, que teve o texto original criado em 2008, mas sofreu alterações e entrou em vigor em 2013, se mantendo até os dias de hoje.

O Relatório Técnico de Qualidade (RTQ-R) também é utilizado, além das duas normas, e teve como origem a parceria entre dois órgãos reguladores no Brasil, o INMETRO e o PROCEL, com o fim de implementar o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) no setor das edificações. Esse relatório é dividido em duas componentes, o RTQ-R, que apresenta um manual e regulamentações referentes as edificações residências e pode ser aplicado de maneira prescritiva ou por meio de simulação, e o RTQ-C, apresentando a mesma tipologia de características, porém para edificações comerciais e de serviços (Romeiro, 2019).

2.6.1 ABNT NBR 15220 – DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES

A primeira norma brasileira com ênfase no desempenho térmico foi dividida em cinco partes e era destinada à avaliação de habitações unifamiliares de interesse social com até três pavimentos. A seguir pode-se verificar as cinco partes que compõem a NBR 15220 (ABNT A. B., 2005):

- NBR 15220-1 – Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- NBR 15220-2 – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- NBR 15220-3 – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- NBR 15220-4 – Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

- NBR 15220-5 – Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

A Parte 3 da NBR 15220 propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima conforme mostrado na Figura 10, seguindo os princípios do Diagrama de Baruch Giovani e estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, fazendo recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno pré-estabelecidos (Romeiro, 2019).

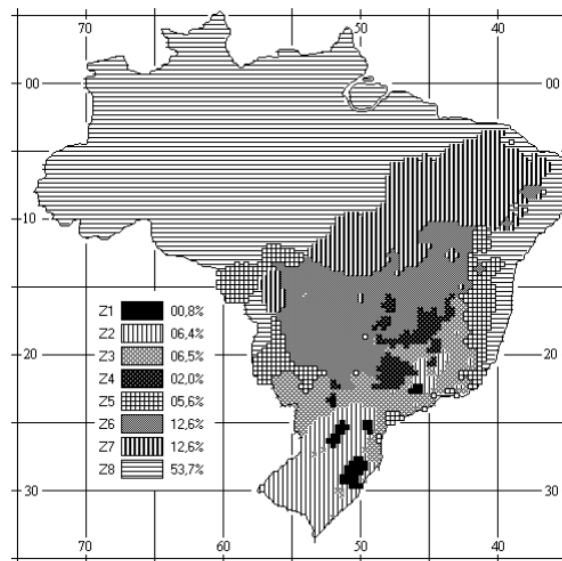


Figura 10 - Zoneamento Climático Brasileiro (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005).

Com a divisão do território brasileiro definida, a NBR 15220-3 expõe orientações construtivas e indica técnicas utilizando recursos naturais, para promoção do conforto térmico e de iluminação, com base nas especificações mais adequadas para cada região do zoneamento climático do Brasil utilizando os seguintes parâmetros (ABNT A. B., 2005):

- a) Tamanho das aberturas para ventilação.

A NBR 15220-3 descreve o tamanho da abertura de acordo com a zona bioclimática a ser instalada a edificação, classificando-as como pequena, média ou grande, sendo essa classificação baseada na área do piso e de haver necessidade ou não de sombreá-las.

- b) Proteção das aberturas.

É definido com o objetivo de regular a entrada dos raios solares na parte interior da edificação, evitando assim que haja um aquecimento indesejado no verão e promovendo um aquecimento desejado no inverno.

c) Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura)

A norma estabelece três tipos de paredes (leve, leve refletora e pesada) e três tipos de coberturas (leve isolada, leve refletora e pesada), classificando-as segundo a zona bioclimática que a edificação será construída. Foram determinados os valores limítrofes do fator solar, do atraso térmico e da transmitância térmica para cada um dos elementos construtivos estabelecidos (ABNT A. B., 2005).

O fator de calor solar [FS_0], indica o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo. O atraso térmico [$\phi - (h)$], representa o tempo que demora a para ser sentida a variação térmica através de um meio opaco, quando uma superfície de um componente construtivo está submetida a um regime periódico de transmissão de calor (ABNT A. B., 2005).

A transmitância térmica [$U - (W/(m^2 \cdot ^\circ C))$] é uma particularidade dos elementos construtivos que mensura o fluxo de calor transmitido por unidade de área e a cada unidade de diferença de temperatura, sendo também conhecida como o inverso da resistência térmica total (ABNT A. B., 2005).

d) Estratégias de condicionamento térmico passivo

Têm o propósito de proporcionar condições agradáveis de temperatura e iluminação dentro de determinado ambiente explorando apenas recursos naturais como a ventilação e iluminação natural e o isolamento térmico, uma prática altamente sustentável.

Na Tabela 2 é possível verificar os parâmetros de forma resumida, definidos de acordo com a zona em que a edificação se encontra e as diretrizes a serem seguidas.

Tabela 2 - Resumo das Diretrizes Construtivas e Estratégias Bioclimáticas do Brasil (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005).

| Zona | Estratégias | | Aberturas para ventilação A (em % da área de piso) | Sombreamento das aberturas | Parede | | | Cobertura | | |
|------|--------------------|---|--|---------------------------------------|--|---------------------------|------------------------|--|---------------------------|------------------------|
| | Verão | Inverno | | | Transmitância Térmica U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$] | Atraso Térmico ϕ [h] | Fator Solar FS_0 [%] | Transmitância Térmica U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$] | Atraso Térmico ϕ [h] | Fator Solar FS_0 [%] |
| 1 | | Aquecimento solar da edificação/vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Permitir sol apenas durante o inverno | $\leq 3,0$ (parede leve) | $\leq 4,3$ | $\leq 5,0$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |
| 2 | Ventilação cruzada | Aquecimento solar da edificação/vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Permitir sol apenas durante o inverno | $\leq 3,0$ (parede leve) | $\leq 4,3$ | $\leq 5,0$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |
| 3 | Ventilação cruzada | Aquecimento solar da edificação/vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Permitir sol apenas durante o inverno | $\leq 3,6$ (parede leve refletora) | $\leq 4,3$ | $\leq 4,0$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|---|----------------------------|--------------------|------------------------------------|------------|------------|--------------------------------|------------|------------|
| 4 | Resfriamento Evaporativo e massa térmica + ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa) | Aquecimento solar da edificação/vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Sombrear aberturas | $\leq 2,2$ (parede pesada) | $\geq 6,5$ | $\leq 3,5$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |
| 5 | Ventilação cruzada | Vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Sombrear aberturas | $\leq 3,6$ (parede leve refletora) | $\leq 4,3$ | $\leq 4,0$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |
| 6 | Resfriamento Evaporativo e massa térmica + ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa) | Vedações internas pesadas (inércia térmica) | Médias $15\% < A < 25\%$ | Sombrear aberturas | $\leq 2,2$ (parede pesada) | $\geq 6,5$ | $\leq 3,5$ | $\leq 2,0$ (leve isolada) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |
| 7 | Resfriamento Evaporativo e massa térmica + ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa) | | Pequenas $10\% < A < 15\%$ | Sombrear aberturas | $\leq 2,2$ (parede pesada) | $\geq 6,5$ | $\leq 3,5$ | $\leq 2,0$ (pesada) | $\leq 6,5$ | $\leq 6,5$ |
| 8 | Ventilação cruzada permanente OBS: o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes | | Grandes $A > 50\%$ | Sombrear aberturas | $\leq 3,6$ (parede leve refletora) | $\leq 4,3$ | $\leq 4,0$ | $\leq 2,3$ FT (leve refletora) | $\leq 3,3$ | $\leq 6,5$ |

De acordo com Lamberts (2010), mesmo sabendo que a NBR 15220 faz referência às habitações de interesse social, vale ressaltar que as recomendações e diretrizes dispostas nessa norma visam a otimização do desempenho térmico das edificações em geral e são baseadas em estratégias que visam a adaptação da edificação ao clima da região. Desse modo, pode-se dizer que independentemente do tempo em que a norma foi criada, ela ainda está em vigor e foi utilizada como premissa em algumas definições expostas na NBR 15575, através do zonamento bioclimático.

2.6.2 ABNT NBR 15575 – EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO

Datam-se em 2000 os primeiros estudos a respeito da Norma de Desempenho, projeto esse que partiu de uma parceria entre a Caixa Econômica Federal e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) – Inovação e Pesquisa. Em 2008 ocorreu a primeira publicação da ABNT NBR 15575, que sofreu diversas correções e

aprimoramentos ao longo de cinco anos, sendo então finalmente publicada em julho de 2013, marcando o início e uma conquista no mercado habitacional brasileiro (AsBEA).

Como base para a norma, os órgãos criadores utilizaram publicações reconhecidas internacionalmente na área com o intuito de ajudar a instituir especificações fundamentadas no setor da construção civil. A NBR 15575 também se baseou em diversas normas já existentes de diversos setores e ramos, promovendo a quebra de diversos paradigmas na construção habitacional no Brasil (AsBEA).

A NBR 15575 assim como a NBR 15220 foi dividida em partes, sendo elas:

- NBR 15575-1 – Parte 1: Requisitos gerais;
- NBR 15575-2 – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- NBR 15575-3 – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- NBR 15575-4 – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais e externas;
- NBR 15575-5 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- NBR 15575-6 – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A norma contempla todos os indicadores e requisitos mínimos para assegurar segurança, habitabilidade e sustentabilidade nas habitações. Tratando-se de segurança, a norma abrange exigências relativas ao desempenho estrutural, segurança no uso, na operação e contra incêndio. Enquanto na habitabilidade, ela trata dos requisitos relacionados à funcionalidade e acessibilidade, conforto térmico, acústico e luminoso, e a estanqueidade à água e qualidade do ar interno. Enfim, no quesito sustentabilidade, ela se refere aos meios para promover a durabilidade, manutenibilidade e a adequação ambiental (Romeiro, 2019).

Para todos esses requisitos foram criados três níveis de aceitação, conhecidos como mínimo (M), intermediário (I) e superior (S). O nível mínimo deve ser alcançado obrigatoriamente em todos os requisitos, variando de acordo com as especificações. Nem todos os requisitos apresentam os outros dois patamares (intermediário e superior), porém os elementos que exibem esses dois níveis são apenas de caráter informativo, não apresentando nenhuma obrigatoriedade (ABNT A. B., 2013).

A norma traz consigo alguns benefícios que promovem o desenvolvimento dos empreendimentos, como por exemplo as preocupações com a sustentabilidade, a eficiência, a expectativa de vida útil, o desempenho e a manutenção dos edifícios. Para a promoção desses benefícios, a NBR 15575 direciona três formas diferentes de avaliação térmica, sendo elas (CBIC, 2013):

- Procedimento 1A – Simplificado (normativo): Trata apenas de verificar se estão sendo atendidos os requisitos e critérios associados a envolvente da habitação, ou seja, verificar se a transmitância térmica (U) e a capacidade térmica (CT) das paredes externas e da cobertura estão cumprindo com o mínimo exigido;
- Procedimento 1B – Simulação por software *Energy Plus* (normativo): Caso os resultados obtidos no procedimento anterior se demonstrem insatisfatórios,

deve-se aplicar o método computacional para verificar o desempenho térmico global da edificação;

- Procedimento 2 – Medição in loco (informativo, Anexo A da NBR 15575-1): Trata-se da verificação quanto o cumprimento dos requisitos e critérios por meio da realização de medições em protótipos construídos com essa finalidade ou até testagem em edifícios já existentes. Porém, tem caráter totalmente informativo, não podendo substituir os resultados obtidos nos procedimentos 1A e 1B.

A Figura 11 detalha esquematicamente ambos os tipos de avaliação que podem ser aplicadas e como prosseguir diante dos resultados obtidos ao final de cada etapa.

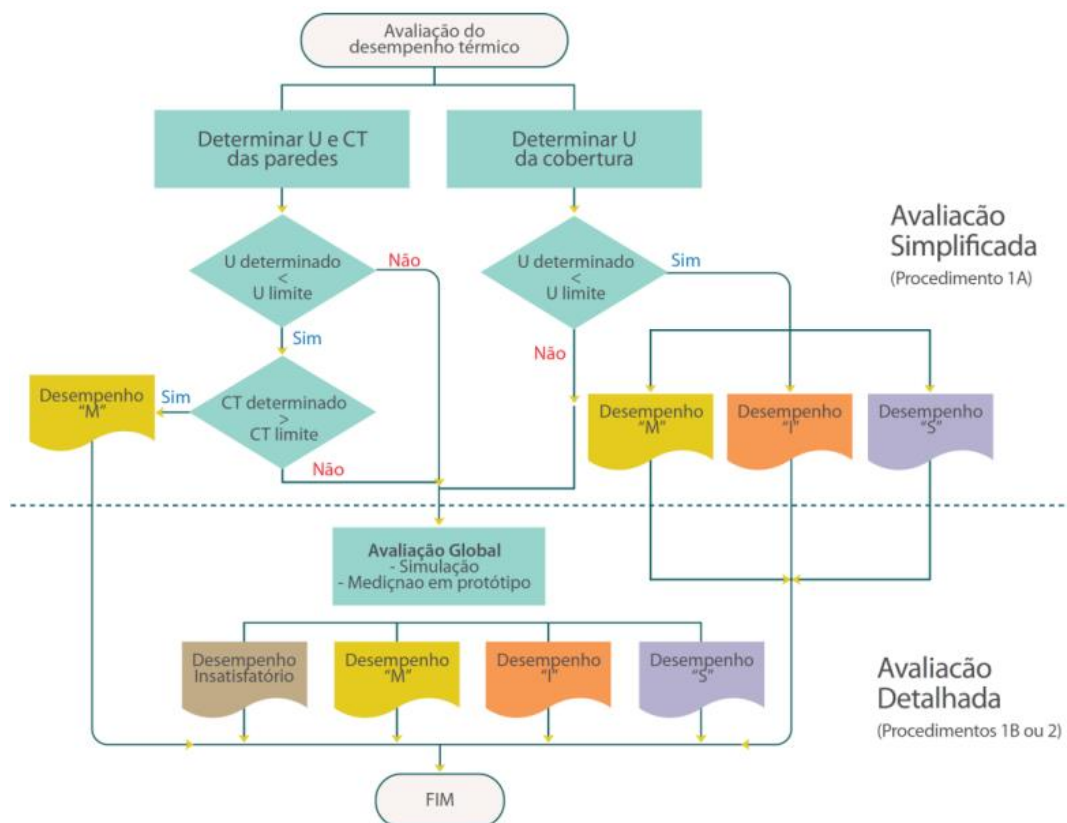


Figura 11 - Avaliação de desempenho térmico (IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

Os critérios analisados no procedimento 1A como já visto, são a transmitância térmica (U) e a capacidade térmica (CT) para as paredes externas e somente a transmitância térmica (U) para a cobertura, sendo dispensados dessa análise os elementos em contato com o solo e os vãos envidraçados. Na Tabela 3 e na Tabela 4 estão expostos os valores limítrofes para os critérios de acordo com a zona bioclimática em que a habitação está inserida. A Tabela 5 mostra os valores máximos admissíveis para as coberturas de acordo com cada critério.

Tabela 3 - Transmitância Térmica de paredes externas (ABNT A. B., 2013).

| Transmitância Térmica (U) [W/(m ² .°C)] | | |
|---|-------------------------|---------|
| Zonas 1 e 2 | Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 | |
| U ≤ 2,5 | α ≤ 0,6 | α > 0,6 |
| | U ≤ 3,7 | U ≤ 2,5 |
| α - absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. | | |

Tabela 4 - Capacidade térmica de paredes externas (ABNT A. B., 2013).

| Capacidade Térmica (CT) [kJ/(m ² .°C)] | |
|--|---------------------------|
| Zona 8 | Zona 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 |
| Sem exigência | ≥ 130 |

Tabela 5 - Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica (ABNT A. B., 2013).

| Transmitância Térmica (U) [W/(m ² .°C)] | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Zonas 1 e 2 | Zonas 3 a 6 | | Zonas 7 e 8 | | Nível de desempenho |
| U ≤ 2,3 | α ¹ ≤ 0,6 | α ¹ > 0,6 | α ¹ ≤ 0,4 | α ¹ > 0,4 | M (Mínimo) |
| | U ≤ 2,3 | U ≤ 1,5 | U ≤ 2,3 FV | U ≤ 1,5 FV | |
| U ≤ 1,5 | α ¹ ≤ 0,6 | α ¹ > 0,6 | α ¹ ≤ 0,4 | α ¹ > 0,4 | I (Intermediário) |
| | U ≤ 1,5 | U ≤ 1,0 | U ≤ 1,5 FV | U ≤ 1,0 FV | |
| U ≤ 1,0 | α ¹ ≤ 0,6 | α ¹ > 0,6 | α ¹ ≤ 0,4 | α ¹ > 0,4 | S (Superior) |
| | U ≤ 1,0 | U ≤ 0,5 | U ≤ 1,0 FV | U ≤ 0,5 FV | |
| α - absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. | | | | | |

¹) Na zona bioclimática 8 considera-se atendido o critério para coberturas em telhas cerâmicas, mesmo sem a presença de forro.

Nota: O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3, em função das dimensões das aberturas de ventilação nos beirais, conforme indicações seguintes:



$$FV = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04}$$

FV = Fator de Ventilação;

h = altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros

Obs: Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados FV = 1

Outro critério abordado na NBR 15575 é referente ao vão mínimo de abertura nas fachadas para promoção da ventilação e entrada de iluminação na habitação, sua aplicação é limitada à ambientes de longa permanência, como dormitórios e salas. É comum ter uma legislação pré-estabelecida para esse tipo de critério nos Códigos de Obras e nos Códigos Sanitários de onde a construção se encontra. Entretanto, caso não haja esse tipo de exigência os valores a serem seguidos são os descritos na NBR 15575 e que estão expostos na Tabela 6, detalhando os requisitos mínimos de aberturas para ventilação de acordo com a zona climática.

Tabela 6 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar (ABNT A. B., 2013).

| Nível de Desempenho | Aberturas para ventilação (A) | |
|---------------------|--------------------------------|--|
| | Zonas 1 a 7 - Aberturas médias | Zona 8 - Aberturas grandes |
| Mínimo | $A \geq 7\%$ da área do piso | $A \geq 12\%$ da área do piso Região Norte do Brasil $A \geq 8\%$ da área do piso Região Nordeste e Sudeste do Brasil |

Nota: Nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período frio.

A avaliação é feita para cada ambiente de permanência prolongada individualmente e toma como base o projeto arquitetônico através da relação demonstrada na equação (1), onde A_A é a área efetiva de abertura de ventilação ambiente, considerando somente as aberturas que proporcionem livre circulação de ar e A_{Pav} é a área do piso do ambiente.

$$A = 100. (A_A/A_{Pav}) [\%] \quad (1)$$

Considerando que a edificação não cumpra os requisitos mínimos propostos no método simplificado, utiliza-se a análise pelo método detalhado. As simulações realizadas através do método detalhado, ocorrem com o auxílio de softwares, que têm que ser obrigatoriamente validados pela ASHRAE Standard 140 e que satisfaçam as características básicas detalhadas na Figura 12.

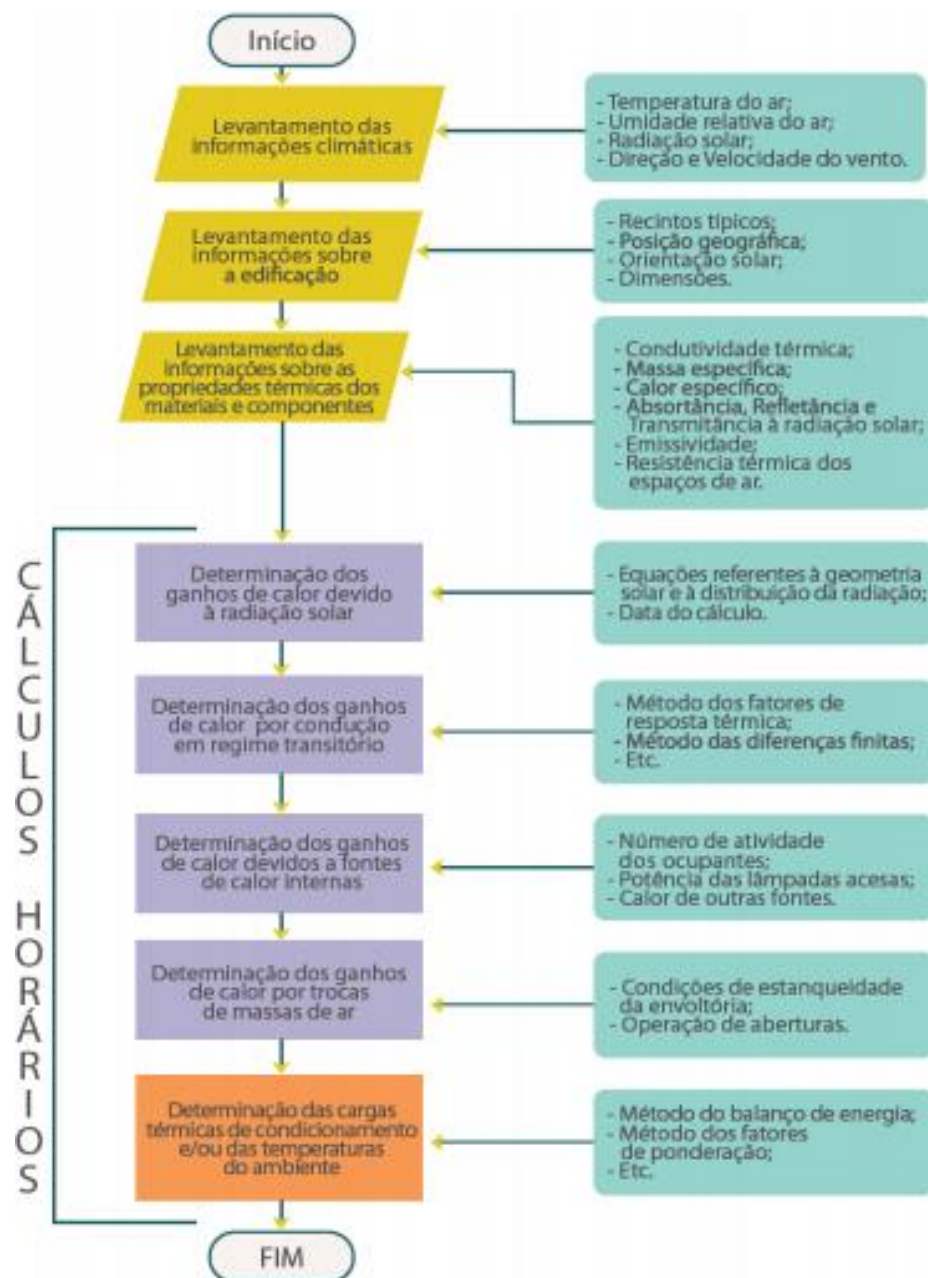


Figura 12 - Características necessárias para softwares de avaliação do desempenho térmico (IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

A simulação computacional deve ser realizada com base nos dados referentes ao clima local nos dias típicos de verão e de inverno, conforme fornecidos nos anexos da ABNT NBR 15575 e à localização. Caso a cidade onde se encontre o projeto não esteja citada nas tabelas descritivas, utilizar os dados de outra cidade que esteja dentro do mesmo zoneamento bioclimático proposto na NBR 15220 (ABNT A. B., 2013).

Nesse método deverão ser considerados todos os ambientes da edificação e as trocas térmicas que ocorrem entre eles, entretanto, a avaliação e análise dos resultados sucede somente para os ambientes de longa permanência. É importante também conhecer qual o tipo de edificação se trata, caso seja um conjunto habitacional térreo, deve-se selecionar a habitação que possua o maior número de paredes expostas para o

ambiente, já no caso de um edifício multiuso deve-se considerar a unidade do último andar, com a cobertura exposta (ABNT A. B., 2013).

Após identificado o tipo de edificação, os inputs a serem inseridos na simulação são os dados climáticos e construtivos, a orientação, as taxas de ventilação, absorvância à radiação solar e obstrução por sombreamento da edificação, desconsiderando a obstrução ao entorno (ABNT A. B., 2013).

Tratando-se da orientação da edificação, os dados devem ser inseridos de acordo com a implantação. Caso a orientação não esteja definida inicialmente em projeto, recomenda-se que a simulação seja feita considerando o posicionamento geográfico mais crítico termicamente. Para encontrar a disposição mais crítica, recomenda-se que no verão, a janela do cômodo de longa permanência esteja direcionada para o oeste e a outra parede exposta voltada para o norte, se não for possível tal disposição, o ambiente deve ter ao menos, uma janela voltada para o oeste. Já no inverno, a janela do cômodo de longa permanência deve estar direcionada para o sul, enquanto a outra parede exposta deve estar voltada para leste, caso não seja possível, o ambiente deve possuir pelo menos uma janela voltada para o sul. (ABNT A. B., 2013)

A taxa de ventilação do ambiente e da cobertura a ser considerada é de 1 ren/h, ou seja, ambos os cômodos devem receber uma completa renovação do ar no período de uma hora (ABNT A. B., 2013).

A absorvância à radiação solar (α) das superfícies expostas é definida de acordo com a cor e as características das superfícies envolventes da habitação. No caso da cobertura, utiliza-se o valor especificado em projeto, correspondente ao material utilizado no telhado. Já nas paredes externas a absorvância é ser classificada de acordo com a cor, sendo para cores claras $\alpha=0,3$, para cores médias $\alpha=0,5$ e para cores escuras $\alpha=0,7$ (ABNT A. B., 2013).

A obstrução ao entorno deve ser desconsiderada caso haja a presença de edificações ou vegetações nas proximidades que provoquem algum tipo de anteparo, alterando a incidência solar e do vento. Poderão ser consideradas obstruções provocadas por edificações de um mesmo complexo e por elementos construtivos previstos na edificação, como marquises, para-sóis e beirais (ABNT A. B., 2013).

Se a unidade habitacional não cumprir os requisitos estabelecidos na norma para o verão após a simulação, deve ser feita uma segunda simulação considerando uma das seguintes alterações (ABNT A. B., 2013):

- Ventilação: Configurar a taxa de ventilação como 5 ren/h, ou seja, aumentar o valor anterior considerado em cinco vezes e considerar janelas sem sombreamento;
- Sombreamento: Inserir uma proteção solar externa ou interna da esquadria, com um sistema capaz de reduzir em pelo menos 50% a radiação solar direta que entraria pela janela, com uma taxa de renovação do ar ambiente de 1,0 ren/h;
- Ventilação e sombreamento: Combinar as duas estratégias anteriores, ou seja, aplicar a taxa de ventilação de 5 ren/h e considerar um sistema de redução de pelo menos 50% da incidência dos raios solares por meio das janelas no interior da habitação.

A NBR 15575 também fornece os requisitos mínimos exigidos no verão e no inverno, porém em contrapartida recomenda a utilização dos níveis intermediário e superior, se possível, para maior conforto. Para o verão, as condições térmicas do edifício habitacional devem ser melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra, para um dia típico de verão de acordo com a zona bioclimática, conforme demonstrado na Tabela 7. Enquanto para o inverno, os valores mínimos da temperatura no interior das zonas de permanência prolongada, devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa em um dia típico de inverno somada de 3°C, como se pode ver na Tabela 8 (ABNT A. B., 2013).

Tabela 7 - Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão (ABNT A. B., 2013).

| Nível de desempenho | Verão | |
|---------------------|--|--|
| | Critério | |
| | Zonas 1 a 7 | Zona 8 |
| M (Mínimo) | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ | $T_{i,max} \leq T_{e,max}$ |
| I (Intermediário) | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ}\text{C})$ |
| S (Superior) | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$ | $T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$ $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ}\text{C})$ |

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Nota: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3

Tabela 8 - Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno (ABNT A. B., 2013).

| Nível de desempenho | Inverno | |
|---------------------|--|--|
| | Critério | |
| | Zonas 1 a 7 | Zonas 6, 7 e 8 |
| M (Mínimo) | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C})$ | Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado |
| I (Intermediário) | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}\text{C})$ | |
| S (Superior) | $T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}\text{C})$ | |

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

Nota: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3

Com todos os critérios e requisitos definidos, é possível então verificar a conformidade da edificação com as exigências mínimas da NBR 15575.

2.6.3 RELATÓRIO TÉCNICO DE QUALIDADE (RTQ-R)

No Brasil, dentro do contexto das certificações energéticas habitacionais encontra-se o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética

de Edificações Residenciais (RTQ-R), que foi criado em 2010 através da Portaria nº 499, de 25 de novembro de 2010 e posteriormente revisado em 2012, na Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. Esse regulamento foi criado visando atender os compromissos criados pela Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001 e pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001 (INMETRO, 2010; 2012).

Este programa tem como objetivo a classificação energética das habitações por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Essa avaliação consiste em uma escala alfabética, do nível A (mais eficiente) até o nível E (menos eficiente). A etiquetagem é abrangida pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), nomeado como PBR Edifica quando utilizado em edificações, se enquadrando em edifícios comerciais, de serviços, públicos e residenciais, porém atualmente sendo obrigatório apenas em prédios públicos com áreas acima de 500 m² (INMETRO, 2010; 2012).

A utilização dessas referências são de extrema importância, pois ao mensurar o potencial de conservação de energia e investir em uma edificação mais eficiente energeticamente, esses esforços podem promover uma economia média entre os modelos de referência nível "A" e "D" de aproximadamente 26%, podendo atingir patamares de 21% e 34% de acordo com a zona bioclimática e os métodos construtivos (Scalco, et al., 2014).

Outro fator importante que está diretamente relacionado ao nível energético exposto na etiqueta é o auxílio ao consumidor na hora da escolha da edificação. Como se sabe, quanto mais eficiente, menor será o consumo energético e maior o conforto para o usuário, promovendo uma redução nas despesas com energia elétrica e beneficiando o consumidor.

O nível de eficiência pode ser determinado através de dois métodos, o prescritivo e o de simulação. No método prescritivo, são utilizadas equações e tabelas que determinam os parâmetros de acordo com cada nível de eficiência desejado. Enquanto no método de simulação, utiliza-se a avaliação bioclimática do local onde o projeto se encontra, por meio de simulações higrotérmicas e energéticas, incluindo ventilação e iluminação natural (INMETRO, 2010; 2012).

O processo de etiquetagem pode ocorrer nas três diferentes etapas da habitação, ou seja, na fase de projeto, na construção ou com a edificação já concluída. Se a avaliação ocorrer ainda na fase de projeto, é necessário que seja realizada uma nova vistoria após o término da construção, para verificar a conformidade do projeto com o serviço executado e só assim validar a etiqueta (INMETRO, 2010; 2012).

Nas edificações habitacionais, encontram-se três tipos de ENCE: para unidades habitacionais autônomas e para unifamiliares, que apresentam os mesmos procedimentos, para edificações multifamiliares e para áreas de uso comum. No caso das unidades habitacionais autônomas, avaliam-se os desempenhos das envolturas no verão e no inverno e o sistema de aquecimento de água de acordo com a zona bioclimática em que a habitação se encontra inserida, como definido na NBR 15220-3. Após os devidos cálculos, a pontuação numérica obtida é convertida de acordo com a escala na sequência alfabética variando de A (mais eficiente) à E (menos eficiente) (INMETRO, 2010; 2012).

A etiqueta além de definir a classificação geral da edificação, apresenta outros dados relevantes como as avaliações das envoltentes para o verão e o inverno, a avaliação dos sistemas de aquecimento de água, o cumprimento dos pré-requisitos gerais, as bonificações recebidas pela habitação, os dados geográficos e também a classificação caso a envoltória seja condicionada artificialmente. Na Figura 13 pode-se verificar o exemplo de uma etiqueta classificatória da eficiência energética para uma unidade habitacional autônoma (INMETRO, 2010; 2012).

No caso das edificações multifamiliares, para se obter a classificação geral é necessário que haja um estudo relacionando toda as habitações autônomas com a área útil total do empreendimento. Desse modo, na etiqueta de eficiência energética da edificação multifamiliar, além de estar exposta a classificação geral, será apresentada também a quantidade de unidades que se enquadram em cada nível de eficiência energética como é possível ver na Figura 14 (INMETRO, 2010; 2012).

Na etiqueta que descreve a eficiência das áreas comuns a análise ocorre por meio da atribuição de pesos a cada grandeza a ser considerada. Por exemplo, à iluminação artificial, bombas centrífugas, número de elevadores, o sistema de aquecimento de água, o sistema de sauna e o número de outros equipamentos elétricos presentes no conjunto habitacional. É importante ressaltar que a avaliação para as áreas comuns não pode ser realizada através do método da simulação, somente por meio do método prescritivo. A etiqueta de eficiência para essa tipologia de área está demonstrada na Figura 15 (INMETRO, 2010; 2012).




| Eficiência Energética | |
|---|--|
|  INMETRO PBE Edifica | |
| Unidade Habitacional Autônoma Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Identificação da unidade: XXXXX.XXX Endereço: XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Cidade/UF: XXXXXXX Zona bioclimática: X Orientação principal da unidade: XXXXX Portaria RTQ-R: XXXXXX Portaria RAC: XXXXXXX Método de avaliação: XXXXXX Data da ENCE de projeto: XXXXX/XXXXX Data da ENCE da edificação construída: XXXXX/XXXXX | |
| <input type="checkbox"/> Etiqueta PROJETO | <input checked="" type="checkbox"/> Etiqueta EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Mais eficiente</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 50px; height: 15px; background-color: #28a745; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 50px; height: 15px; background-color: #9bc296; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 50px; height: 15px; background-color: #ffc107; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 50px; height: 15px; background-color: #fd7e14; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 50px; height: 15px; background-color: #dc3545; margin-bottom: 2px;"></div> </div> <p>Menos eficiente</p> </div> <div style="text-align: right;"> <div style="width: 50px; height: 50px; background-color: #28a745; display: flex; align-items: center; justify-content: center; border-radius: 50%; color: white; font-size: 24px; font-weight: bold;">A</div> <p>PT: X,X</p> </div> </div> | |
| Pré-requisitos gerais - Medição individualizada de energia - Medição individualizada de água Bonificações: X,XX - Ventilação natural: x,xx - Iluminação natural: x,xx - Uso racional de água: x,xx - Condicionamento artificial de ar: x,xx - Iluminação artificial: x,xx - Ventiladores de teto: x,xx - Refrigeradores: x,xx - Medição individualizada: x,xx | Envoltória para Verão <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #28a745;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ffc107;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #fd7e14;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #dc3545;"></div> </div> Envoltória para Inverno <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #28a745;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ffc107;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #fd7e14;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #dc3545;"></div> </div> Aquecimento de Água <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; gap: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #28a745;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ffc107;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #fd7e14;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #dc3545;"></div> </div> Envoltória caso condicionada artificialmente: C |
|   <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 8px;">LOGOMARCA DO-GIA</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 8px;">Nº REGISTRO DO-GIA</div> </div> | |

Figura 13 - Modelo de etiqueta para Unidade Habitacional Autônoma (PROCELINFO).

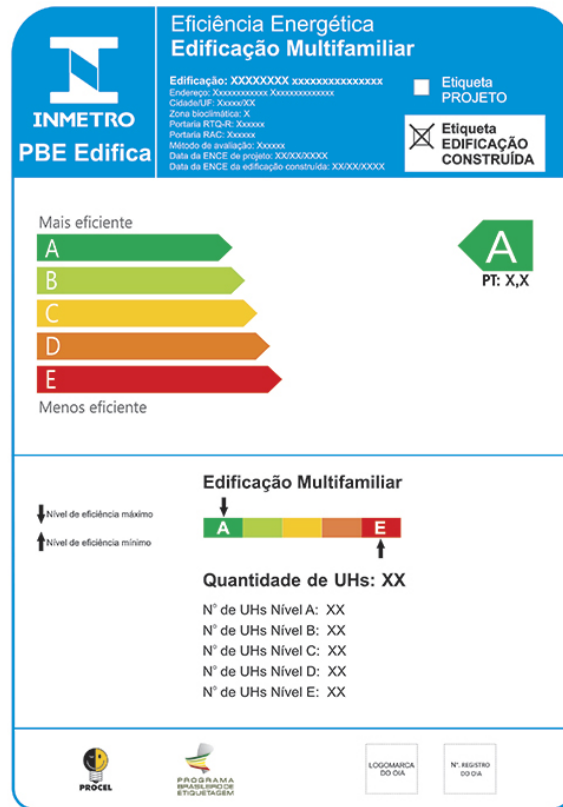


Figura 14 - Modelo de etiqueta para Edificações Multifamiliares (PROCELINFO).

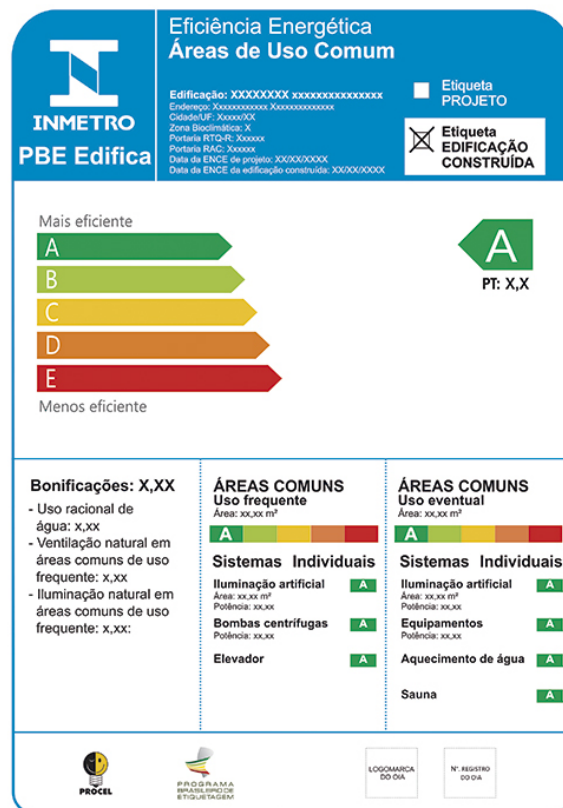


Figura 15 - Modelo de etiqueta para Áreas de Uso Comum (PROCELINFO).

A validação das etiquetas ENCE ocorre por meio do processo movido por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), cuja autoridade é certificada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e trabalha nas auditorias do processo de etiquetagem (Giacomin & Calmon, 2016).

2.6.3.1 MÉTODO PRESCRITIVO

O modo de avaliação por meio do método prescritivo consiste na utilização de equações que ponderam os sistemas analisados através de pesos pré-estabelecidos nos requisitos do programa. Outro fator que pode ser considerado nesse método são as bonificações em função da utilização de inovações tecnológicas, energias renováveis, cogeração ou racionalização no consumo de água (Giacomin & Calmon, 2016).

Utiliza-se a equação (2) para o cálculo da pontuação numérica total da unidade habitacional autônoma. Nessa equação são considerados diversos fatores, além do coeficiente “*a*” que é definido de acordo com a região geográfica onde a edificação está situada, conforme exposto na Tabela 9 (INMETRO, 2010; 2012).

$$PT_{UH} = (a * EqNumEnv) + [(1 - a) * EqNumAA] + Bonificações \quad (2)$$

Onde:

PT_{UH} : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente adotado de acordo com a região geográfica onde está localizada a construção (Tabela 9);

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentam a eficiência da edificação.

Tabela 9 - Coeficiente adotado de acordo com a região geográfica da construção (INMETRO, 2010; 2012).

| Coeficiente | Região Geográfica | | | | |
|-------------|-------------------|----------|--------------|---------|------|
| | Norte | Nordeste | Centro-Oeste | Sudeste | Sul |
| <i>a</i> | 0,95 | 0,9 | 0,65 | 0,65 | 0,65 |

A obtenção do equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória obriga que sejam verificados os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica, absorvância solar das superfícies e por último a ventilação e a iluminação natural da envoltória, separadamente para cada cômodo de permanência prolongada da residência (INMETRO, 2010; 2012).

O cálculo do equivalente numérico da envoltória tem como objetivo analisar o impacto no consumo energético provocado pela envoltória na edificação. Com esse

cálculo é possível identificar quais são os tipos de envoltórias mais eficientes para cada região bioclimática (Eletrobras; Procel; INMETRO; CB3E, 2012).

Os termos presentes na equação que determina o $EqNumEnv$ são alterados de acordo com a região bioclimática da habitação. Isso ocorre pois os equivalentes numéricos da envoltória de resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$) e de aquecimento ($EqNumEnv_A$) não são iguais em todo o território brasileiro devido a sua grande extensão e, conseqüentemente, variação climática. O equivalente numérico para as zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 4 é calculado através das equações (3), (4), (5) e (6) respectivamente. Para as zonas 5, 6, 7 e 8 é desprezado o aquecimento devido a elevada temperatura média anual nessas regiões brasileiras, com isso considera-se somente a parcela referente ao resfriamento, conforme a equação (7).

$$EqNumEnv = 0,08 * EqNumEnv_{Resfr} + 0,92 * EqNumEnv_A \quad (3)$$

$$EqNumEnv = 0,44 * EqNumEnv_{Resfr} + 0,56 * EqNumEnv_A \quad (4)$$

$$EqNumEnv = 0,64 * EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 * EqNumEnv_A \quad (5)$$

$$EqNumEnv = 0,68 * EqNumEnv_{Resfr} + 0,32 * EqNumEnv_A \quad (6)$$

$$EqNumEnv = EqNumEnv_{Resfr} \quad (7)$$

Da mesma forma que o equivalente numérico da envoltória está relacionado com cada cômodo de longa permanência da habitação individualmente, os equivalentes numéricos da envoltória de resfriamento e de aquecimento seguem o mesmo princípio. A obtenção do $EqNumEnv_{Resfr}$ e do $EqNumEnv_A$ ocorre através da ponderação do $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ e do $EqNumEnvAmb_A$, respectivamente, pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (INMETRO, 2010; 2012).

Os valores de $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ são baseados no indicador de graus horas para resfriamento (GH_R) enquanto para a obtenção do $EqNumEnvAmb_A$ utiliza-se o consumo relativo para aquecimento (CA). Para a obtenção dessas variáveis determinantes na envolvente numérica da envoltória é necessário o auxílio de equações e tabelas que apresentam constantes a serem consideradas de acordo com a região bioclimática de edificação. O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) disponibilizou através do site PBE Edifica uma planilha já testada e validada que contempla todas as equações e pré-requisitos a fim de facilitar o cálculo dessas variáveis (Eletrobras; Procel; INMETRO; CB3E, 2012).

Na Figura 16 observam-se todas as variáveis que estão envolvidas no cálculo do equivalente numérico da envoltória e a correlação entre elas.

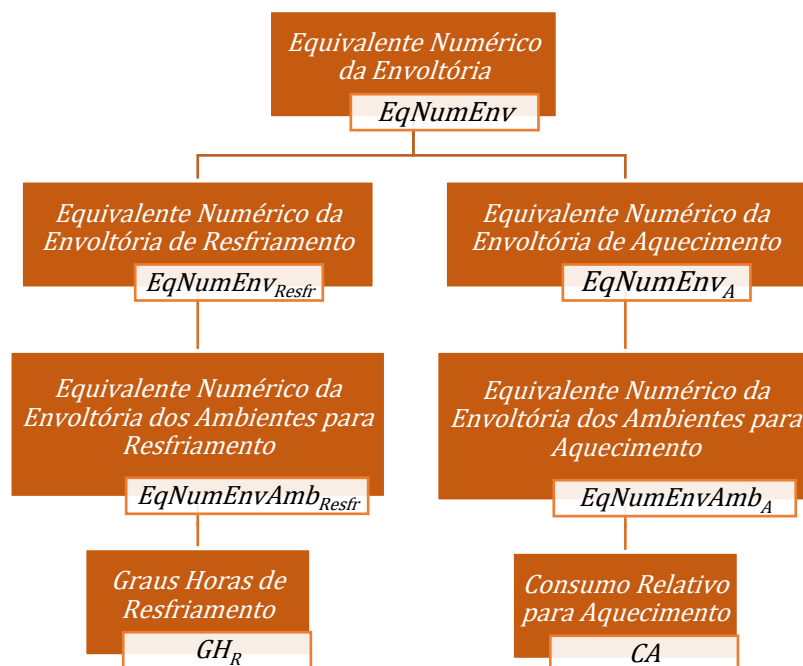


Figura 16 - Esquematisação das variáveis envolvidas no cálculo do EqNumEnv (Romeiro, 2019).

Referente a obtenção do equivalente numérico do sistema de aquecimento de água (*EqNumAA*), a portaria do INMETRO nº 018/2012 define que o cálculo seja realizado de acordo com o modelo do sistema aquecedor de água instalado na habitação, podendo ser aquecimento solar, a gás, bombas de calor, elétrico, caldeiras a óleo e sistemas mistos. Alguns pré-requisitos gerais e específicos para cada tipo de sistema de aquecimento utilizado na habitação também são definidos pela portaria (INMETRO, 2010; 2012).

Os reservatórios de água quente que forem instalados na habitação devem apresentar resistência térmica mínima de 2,20 [(m².°C)/W], não sendo aplicável esse requisito para os reservatórios de sistemas de aquecimento solar. Quanto a tubulação não metálica para água quente, a espessura mínima do isolamento definida pela portaria é de 1,0 cm, seja qual for o diâmetro nominal da tubulação (INMETRO, 2010; 2012).

Caso a habitação não apresente nenhum sistema de aquecimento de água, parte-se do princípio de que o aquecimento das águas sanitárias ficara restrito à instalação de chuveiros elétricos. Sendo assim, nas regiões Norte e Nordeste deve-se adotar o equivalente numérico de aquecimento de água igual a 2, enquanto nas outras regiões caso a situação seja igual, considera-se o equivalente numérico igual a 1 (INMETRO, 2010; 2012).

A última variável necessária na equação (2) para obter a pontuação numérica total da unidade habitacional autônoma é a que considera as bonificações que serão aplicadas na habitação. Esse benefício é uma iniciativa que visa promover a eficiência da unidade habitacional e podem somar até 1 (um) ponto na classificação geral da residência. A pontuação total das bonificações dá-se com o somatório de cada parcela conforme a equação (8), que representa: ventilação natural (b_1); iluminação natural

(b_2); uso racional de água (b_3); condicionamento artificial de ar (b_4); iluminação artificial (b_5); ventiladores de teto (b_6); refrigeradores instalados na habitação (b_7); e medição individualizada (b_8) (INMETRO, 2010; 2012).

$$\text{Bonificações} = b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 + b_6 + b_7 + b_8 \quad (8)$$

Para cada parcela da equação (8) são definidos, no regulamento técnico da qualidade, requisitos mínimos a serem cumpridos, métodos de cálculo específicos e uma pontuação máxima a ser obtida em cada iniciativa que aumenta a eficiência da edificação (INMETRO, 2010; 2012).

Na Figura 17 é possível observar as variáveis que compõem a equação da pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma do método prescritivo.

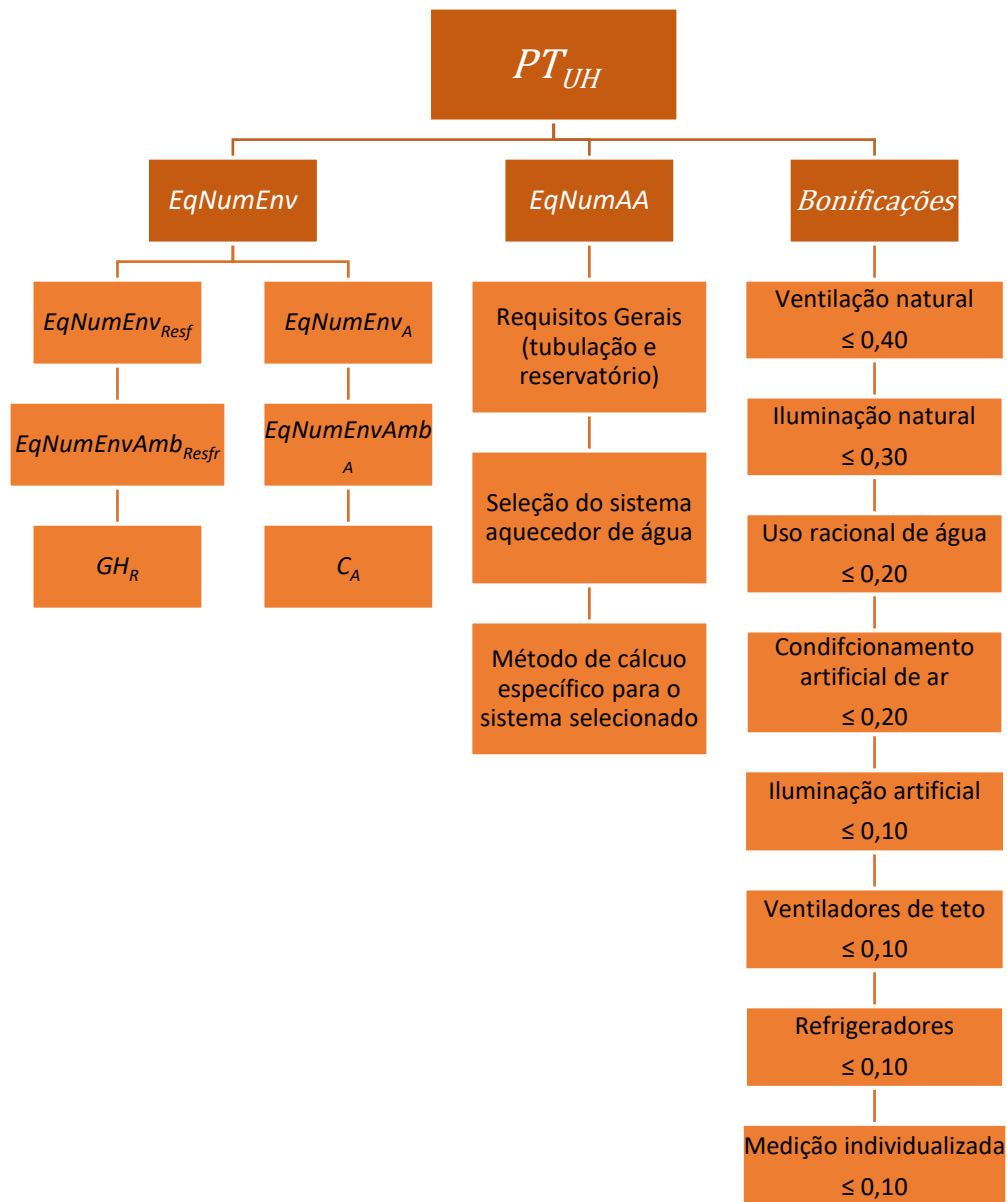


Figura 17 - Organograma para a obtenção da Pontuação Total da Unidade Habitacional (Romeiro, 2019).

Após a realização de todos os procedimentos necessários para obtenção das parcelas da equação (2) e posteriormente a pontuação numérica total da habitação autônoma, o regulamento estabelece uma correlação entre a escala numérica e a escala alfabética, conforme apresentada na Tabela 10, com o objetivo de determinar a eficiência energética da habitação de A (mais eficiente) até E (menos eficiente) (INMETRO, 2010; 2012).

Tabela 10 - Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação numérica total obtida (INMETRO, 2010; 2012).

| Pontuação (PT) | Nível de Eficiência |
|---------------------|---------------------|
| $PT \geq 4,5$ | A |
| $3,5 \leq PT < 4,5$ | B |
| $2,5 \leq PT < 3,5$ | C |
| $1,5 \leq PT < 2,5$ | D |
| $PT < 1,5$ | E |

Os métodos de avaliação descritos no Regulamento Técnico da Qualidade têm o objetivo de promover um estudo da eficiência energética das unidades habitacionais e edificações unifamiliares. Esses métodos foram desenvolvidos com base nas soluções construtivas mais utilizadas no Brasil e buscam avaliar a maioria dos casos por meio do método prescritivo. Entretanto, há alguns casos que o método prescritivo não se adequa ao estudo e é necessária a utilização do método de simulação (Eletrobras; Procel; INMETRO; CB3E, 2012).

2.6.4 REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)

Em Portugal o estudo do conforto térmico e da eficiência energética dos edifícios habitacionais se dá por meio do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). O regulamento obedece ao Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto de 2013, que foi formulado baseado na atualização das metodologias e dos requisitos adotados pelo Decreto-Lei nº 80/2006 que apresentava o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Cardoso, 2017).

A publicação do Decreto-Lei em 2013 também teve o objetivo de transpor, para a legislação de Portugal, a Diretiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, que por sua vez reformulou a Diretiva nº 2002/91/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho. Essas Diretivas estabelecidas pela União Europeia tinham o objetivo aplicar imposições na área do desempenho energético, baseado nas metas referentes à sustentabilidade acordadas para 2020 pelos países membros (Cardoso, 2017).

O REH aplica-se obrigatoriamente aos edifícios de habitação existentes, novos ou sujeitos a grandes intervenções e está enquadrado pelo Sistema de Certificação Energética (SCE). O Regulamento estabelece metodologias, requisitos e parâmetros que

visam caracterizar o desempenho energético dos edifícios habitacionais (Romeiro, 2019).

A classe energética é determinada através equação (9), que se trata da razão (R_{Nt}) entre o valor correspondente as necessidades nominais anuais de energia primária (N_{tc}) calculado através da equação (10) e o valor de referência para as necessidades nominais anuais de energia primária (N_t) que é determinado por uma equação similar à do (N_{tc}), onde se desconsideram as parcelas referente aos sistemas de energias renováveis e de consumos de energia referentes à ventilação mecânica (Mendes, 2018).

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (9)$$

Com o resultado dessa razão, utiliza-se a Tabela 11 para encontrar a classe energética correspondente na escala alfabética conforme publicado no Despacho 15793-J/2013, com a classe A+ sendo a mais eficiente e a classe F a menos eficiente.

Tabela 11 - Critérios para definição da Classe Energética para edifícios de habitação (Despacho nº 15793-J/2013).

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

Em paralelo ao o Decreto-Lei nº 118/2013, as Portarias e os Despachos a seguir foram publicados a fim de definir parâmetros e fornecer os dados necessários a serem utilizadas na metodologia de cálculo do valor correspondente às necessidades nominais anuais de energia primária (N_{tc}) conforme a equação (10) (Correia, 2015):

- Portaria nº 349-B/2013 de 29 de novembro – Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção;
- Portaria nº 349-C/2013 de 2 de dezembro – Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação previa de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização;
- Despacho nº 15793-D/2013 de 3 de dezembro – Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária

- Despacho nº 15793-E/2013 de 3 de dezembro – Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes;
- Despacho nº 15793-F/2013 de 3 de dezembro – Proceda à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados;
- Despacho nº 15793-H/2013 de 3 de dezembro – Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema;
- Despacho nº 15793-I/2013 de 3 de dezembro – Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária;
- Despacho nº 15793-J/2013 de 3 de dezembro – Publica as regras de determinação da classe energética;
- Despacho nº 15793-K/2013 de 3 de dezembro – Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.

$$\begin{aligned}
 N_{tc} = & \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Onde:

N_{tc} : Necessidades nominais de energia primária;

N_{ic} : Necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano)];

$f_{i,k}$: Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k ;

N_{vc} : Necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m².ano)];

$f_{v,k}$: Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k ;

Q_a : Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k ;

$f_{a,k}$: Parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS, supridas pelo sistema k ;

η_k : Eficiência do sistema k , que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistema de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;

j : Todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;

p : Fontes de origem renovável;

$E_{ren,p}$: Energia produzida a parte de fontes de origem renovável p , [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida;

$W_{vm,j}$: Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores [kWh/ano];

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

$F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$: Fatores de conversão de energia útil para energia primária [kWhEP/kWh];

δ : Igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento, em que pode tomar o valor 0 sempre que o fator de utilização de ganhos térmicos seja superior ao respetivo fator de referência, o que representa as condições em que o risco de sobreaquecimento se encontra minimizado.

Utilizando o método descrito, é possível a emissão do pré-certificado e do certificado energético, que deve ser realizada por meio de um perito qualificado do SCE das categorias I e/ou II. Caso a análise seja feita ainda na fase de projeto do edifício, é preciso que seja reunida toda a documentação relacionada aos diferentes elementos construtivos, aos equipamentos de climatização e preparação das águas quentes sanitárias (AQS) e a aplicação da metodologia descrita no Regulamento sem nenhum tipo de simplificação (Correia, 2015).

É ainda de salientar que o REH já sofreu seis alterações, sendo a última publicada em 18 de julho de 2019, o Decreto-Lei nº 95/2019 que estabelece o regime aplicável à reabilitação de edifícios ou frações autónomas que se destinem a ser total ou predominantemente afetos ao uso habitacional quando o seu processo de controlo prévio de construção tenha sido em data anterior à entrada em vigor da primeira legislação de comportamento térmico (em 1990).

Em abril de 2018, o Parlamento Europeu aprovou a proposta de revisão da Diretiva Europeia para o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD). A nova Diretiva 2018/844/EU que altera a publicada em 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE sobre a eficiência energética, com prazo agora de 20 meses para os Estados-Membros transferirem para a sua lei nacional. Em Portugal ainda se aguarda a sua transposição para a legislação nacional.

DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

- 3.1 DESCRIÇÃO DA HABITAÇÃO E SUAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- 3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

3 DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

As normas e metodologias utilizadas nas regulamentações brasileiras e portuguesas que foram descritas no capítulo anterior, serão utilizadas agora na prática para a resolução do caso de estudo que está sendo proposto nesse trabalho.

O caso de estudo consiste na aplicação dessas metodologias em uma habitação, existente no Rio de Janeiro, com soluções construtivas utilizadas no programa brasileiro Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Será feito o estudo para a moradia no local que ela está construída e para mais três localizações, uma em Porto Alegre, na Região Sul do Brasil, uma no Porto e a outra em Lisboa, nas Regiões Norte e Sul de Portugal.

A seleção dessas quatro cidades se deu por diferentes fatores, no caso do Rio de Janeiro, a seleção ocorreu por ser a cidade em que o autor desse trabalho vive e por ser onde a habitação está construída. Porto Alegre, foi selecionada por ser uma cidade relativamente próxima ao Rio de Janeiro, porém com as características climáticas completamente diferentes. Para Portugal, as cidades selecionadas são as mais populosas do país, onde há o maior número de habitações, justificando a análise desenvolvida para esses locais.

Nas habitações no território brasileiro serão utilizadas duas análises, a primeira através do método simplificado da norma brasileira ABNT NBR 15575, e a segunda através do método prescritivo do RTQ-R. Já para as presentes no território português, será aplicado o método prescritivo do REH.

A norma brasileira ABNT NBR 15220, será utilizada como ferramenta para a identificação das zonas bioclimáticas das habitações no Brasil.

Após aplicação das respectivas metodologias será efetuado o comparativo dos resultados, apresentando as principais diferenças entre eles, o porquê dessas discrepâncias, qual delas é mais completa e mais atualizada para o presente cenário mundial empenhado em solucionar problemas ambientais e engajado em retroceder o consumo energético e a geração de resíduos em geral.

O programa brasileiro Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), é um projeto do Governo Federal em parceria com os estados, municípios, empresas e entidades sem fins lucrativos, que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias em áreas urbanas para famílias com renda bruta mensal de até R\$ 7.000,00. Para a liberação desse financiamento há a obrigatoriedade do cumprimento das especificações mínimas de construção que estão descritas no Anexo II da Portaria nº 269, de 22 de março de 2017, na ABNT NBR 15575, só sendo possível variações caso os Códigos de Obras dos municípios exijam características diferentes.

3.1 DESCRIÇÃO DA HABITAÇÃO E SUAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

A planta da habitação a ser analisada está demonstrada na Figura 18 e a sua vista frontal na Figura 19. É possível observar que a moradia é composta por dois dormitórios, uma casa de banho, sala de estar, cozinha e uma varanda. As áreas de cada ambiente estão expostas na Tabela 12, totalizando 43,03 m² de área útil e cumprindo um dos requisitos do Programa Minha Casa, Minha Vida que obriga que a área total da casa seja superior à 36,00 m² quando a lavanderia for exterior a residência.

A fachada da casa existente no Rio de Janeiro está orientada a Sul, sendo assim, todas as moradias em suas diferentes localidades, serão analisadas seguindo a mesma orientação. Isso dá-se uma vez que a moradia apresenta toda a sua envolvente em contato com o exterior e envidraçados em todas as direções e fazer simulações em diferentes orientações não apresentaria grande impacto no desempenho da habitação.

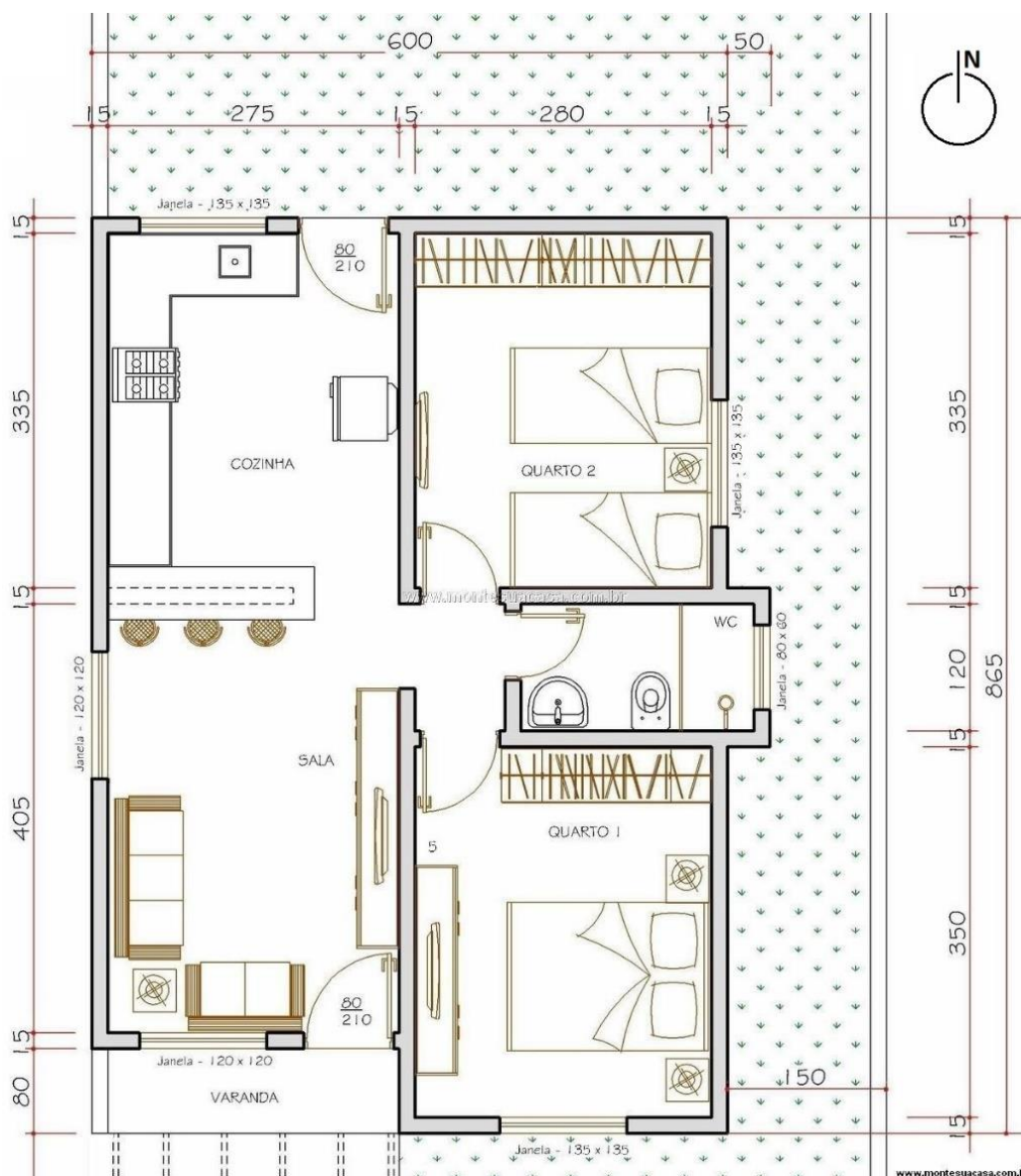


Figura 18 - Projeto arquitetônico da habitação (PINTEREST, 2020).



Figura 19 - Vista frontal da habitação.

Tabela 12 - Área dos ambientes da habitação.

| Ambiente | Área (m ²) |
|--------------|------------------------|
| Sala | 11,15 |
| Quarto 1 | 9,80 |
| WC | 3,50 |
| Cozinha | 9,20 |
| Quarto 2 | 9,38 |
| TOTAL | 43,03 |

Algumas das especificações construtivas e características dos materiais utilizados na habitação estão descritos nas tabelas a seguir e foram selecionados de acordo com as exigências do Programa Minha Casa, Minha Vida que estão detalhadas no Anexo II da Portaria nº 269, de 22 de março de 2017. A Tabela 13 detalha o material utilizado na construção da habitação e suas respectivas especificações.

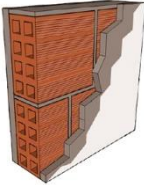
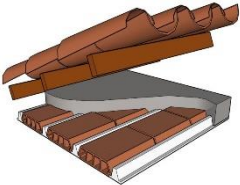
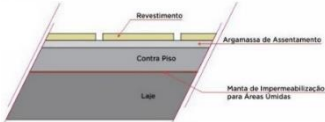
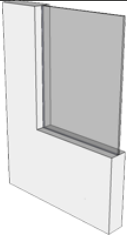

Tabela 13 - Especificações construtivas e características dos materiais do caso de estudo.

| Edificação | Características |
|---------------------------------------|--|
| Pé direito | 2,50 m |
| Paredes internas | Tijolos cerâmicos 8 furos, espessura da parede de 14 cm |
| Paredes externas | Tijolos cerâmicos 8 furos, espessura da parede de 14 cm |
| Cobertura | Telha cerâmica clara ($\alpha = 0,4$), sobre laje pré-moldada. |
| Revestimento interno (áreas secas) | Revestimento em argamassa e pintura com tinta PVA |
| Revestimento interno (áreas molhadas) | Revestimento em argamassa com azulejos sobrepostos de 0,30 m x 0,45 m |
| Revestimento externo | Revestimento em argamassa com pintura em tinta acrílica de cor clara ($\alpha = 0,4$) |
| Janelas e Esquadrias | Esquadria em alumínio, vidro em folha simples, de correr, com cortina interior opaca e sem corte térmico |

| | |
|--|--|
| Pisos | Cerâmico esmaltado PEI 4 |
| Tetos | Reboco + tinta PVA |
| Utilização de fontes alternativas de energia | Sistema de aquecimento das águas sanitárias por meio de energia solar. |

A Tabela 14 exemplifica os padrões construtivos utilizados na moradia. As transmitâncias térmicas foram determinadas através do documento ITE 50 fornecido pelo Laboratório Nacional de Energia Civil português (LNEC) e as capacidades térmicas foram obtidas através da plataforma nacional brasileira Projeteee (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes), que fornece uma base de dados com essas características. Esses dados serão utilizados para a análise do método simplificado da ABNT NBR 15575 e dos métodos prescritivos do RTQ-R e do REH.

Tabela 14 - Transmitância e capacidade térmica das envolventes da habitação do caso de estudo (PROJETEEE, 2020) e (ITE 50).

| Ilustração | Características | U [W/(m ² .°C)] | CT [kJ/(m ² .°C)] |
|---|--|-------------------------------|---------------------------------|
|  | Argamassa interna 2,5 cm + Tijolo Cerâmico 30x20x09 cm + Argamassa Externa 2,5 cm | 2,30 | 151 |
|  | Laje pré-moldada cerâmica 15 cm + Camada de ar > 5,0 cm + Telha Cerâmica Clara | Asce – 2,80 Desce – 2,00 | 185 |
|  | Concreto maciço 10 cm + Contrapiso 2 cm + Impermeabilizante + Argamassa 1 cm + Piso Cerâmico 0,75 cm | 0,74 | 313,8 |
|  | Caixilharia em alumínio com 50mm, duas folhas de correr, e vidro incolor simples de 6mm | 5,20 | - |
|  | Portas em madeira densa 3cm | 3,33 | - |

As áreas das aberturas para iluminação e ventilação natural, utilizadas no método prescritivo do RTQ-R, são determinados de acordo com o Anexo II do Manual para Aplicação do RTQ-R, de acordo com a tipologia da janela e estão expostos na Tabela 15. Para aplicação do REH, o regulamento português especifica de maneira diferente a percentagem da área envidraçada, através do Despacho nº 15793-K/2013 e os valores considerados no estudo do REH estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 15 - Detalhamento das áreas das esquadrias de acordo com o Anexo II do Manual para Aplicação do RTQ-R.

| Cômodo | Tipologia | Área da Esquadria (m²) | Área Envidraçada (m²) | Área efetiva de ventilação (m²) |
|---------------|------------------|--|---|---|
| Quarto 1 | De correr | 1,82 | 1,45 | 0,82 |
| Quarto 2 | De correr | 1,82 | 1,45 | 0,82 |
| WC | Pivotante | 0,48 | 0,43 | 0,43 |
| Cozinha | De correr | 1,82 | 1,45 | 0,82 |
| Sala | De correr | 2,88 | 2,30 | 1,30 |

Tabela 16 - Detalhamento das áreas das esquadrias de acordo com o Despacho 15793-K/2013.

| Cômodo | Tipologia | Área da Esquadria (m²) | Área Envidraçada (m²) |
|---------------|------------------|--|---|
| Quarto 1 | De correr | 1,82 | 1,27 |
| Quarto 2 | De correr | 1,82 | 1,27 |
| WC | Abertura 90° | 0,48 | 0,34 |
| Cozinha | De correr | 1,44 | 1,01 |
| Sala | De correr | 2,88 | 2,02 |

A Tabela 17 descreve os parâmetros utilizados no sistema de aquecimento solar das águas sanitárias, já que a moradia estudada apresenta esse sistema devido a obrigatoriedade do aquecimento de água por meio da energia solar das casas pertencentes ao Programa Minha Casa, Minha Vida nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, conforme definido na Portaria brasileira nº 269.

Devido a não obrigatoriedade da instalação desse sistema em habitações já existentes em Portugal e o alto tempo de retorno do investimento, em uma primeira verificação do REH o sistema não estará presente. Posteriormente, será considerada a aplicação desse sistema e a contribuição da energia renovável, que será dimensionado através do software “SCE.ER - Dados e cálculos para aproveitamento de Energias Renováveis em edifícios”, disponibilizado pela DGEG, de acordo com os requisitos mínimos do REH, ou seja, o sistema padrão definido como sendo coletores solares térmicos em número igual ao do número de ocupantes convencionais da habitação. Os dados obtidos referentes ao sistema solar térmico estão expostos no Anexo III desse presente trabalho.

Tabela 17 - Parâmetros utilizados para o sistema de aquecimento das águas quentes sanitárias.

| Sistema de Aquecimento de Água – Coletor Solar | |
|---|--|
| Reservatório | 120 litros – Resistência Térmica = 2,20 (m ² .°C)/W |
| Tubulação | CPVC – Condutividade Térmica = 0,137 W/(m.K) |
| Área do coletor | 0,65 m ² (cada) |
| Quantidade de coletores | 3 Coletores |
| Sistema de backup | Eletricidade |
| Tipos de utilização | AQS (Banheiro e lava-louças da cozinha) |

Quanto ao sistema de refrigeração, não há especificações estabelecidas pela Portaria nº 269 do Programa Minha Casa, Minha Vida, porém para efeitos de estudo, nas habitações brasileiras serão considerados refrigeradores com ENCE nível A ou com Selo Procel.

Nas moradias localizadas em Portugal, devido a necessidade do conhecimento dos dados referentes aos sistemas de refrigeração para o cálculo da energia primária no REH, serão considerados os sistemas de aquecimento e arrefecimento por defeito. Para a estação de aquecimento, adota-se um sistema de resistência elétrica com eficiência nominal igual a 1,0 e na estação de arrefecimento adota-se um ar condicionado do tipo split com permuta ar-ar com o índice de eficiência de energia (EER, sigla em inglês) igual a 3,10.

Adotando essas características e utilizando o Despacho nº 15793-D/2013, é possível identificar que os fatores de conversão entre energia final e energia primária (F_{pu}) a serem considerados em ambos os sistemas será igual a 2,5 [kWhW_{EP}/kWh].

Dados como os valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ), utilizados no cálculo das pontes térmicas lineares do REH, só são disponibilizados no regulamento português considerando a existência de algum tipo de sistema de isolamento das paredes, seja ele interno, externo, repartido ou na caixa de ar. Como a moradia, com soluções construtivas brasileiras, não apresenta nenhum tipo de isolamento na envolvente exterior, houve a necessidade de se arbitrar um dos modelos fornecidos para dar prosseguimento no desenvolvimento, adotando-se a existência do isolamento repartido

Para efeitos de estudo, considerou-se que os pilares estão localizados nas ligações entre as paredes exteriores, apresentando assim as dimensões dos cunhais, ao mesmo tempo que as vigas estão embebidas na estrutura da laje. Com isso, não há a presença das pontes térmicas planas e esse dado fica desconsiderado no desenvolvimento do REH.

As demais informações necessárias ao decorrer do desenvolvimento das respectivas metodologias estarão descritas nos anexos desse presente trabalho ou serão provenientes dos despachos, normas e portarias publicados como material de apoio à resolução dos regulamentos.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

O conhecimento das características climáticas dos locais onde as habitações serão construídas é de extrema importância para se determinar a classificação da eficiência energética e ao mesmo tempo identificar as necessidades construtivas definidas por norma a serem aplicadas no projeto a fim de obter um melhor desempenho térmico e conseqüentemente energético.

Para se ter a informação de em qual zona bioclimática cada habitação a ser construída no território brasileiro está inserida, será utilizada a diretriz publicada na norma ABNT NBR 15220, que classifica a zona bioclimática de algumas das principais cidades brasileiras e suas respectivas diretrizes construtivas.

O zonamento climático português é baseado na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III. A descrição dos parâmetros para o zonamento climático está exposta no Despacho nº 15793-F/2013, que define as zonas climáticas de inverno a partir do número de graus-dias (GD) na base dos 18°C conforme a Tabela 18 e as zonas climáticas de verão através da temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$) de acordo com a Tabela 19, aplicando as devidas correções conforme descrito no despacho.

Tabela 18 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno (Despacho nº 15793-F/2013).

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

Tabela 19 - Critérios para a determinação da zona climática de verão (Despacho nº 15793-F/2013).

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

3.2.1 RIO DE JANEIRO – BRASIL

O município do Rio de Janeiro está situado a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste, é a capital do Estado do Rio de Janeiro, localizado na Região Sudeste do Brasil, apresenta uma altitude média de 2m e é possível identifica-lo no território brasileiro na Figura 20. A área do município é de 1.255,3 km² e o clima é do tipo tropical, quente e úmido, com variações locais, devido às diferenças de altitude, vegetação e proximidade do oceano. A temperatura média anual é de 22°C, porém durante o verão as médias diárias podem atingir de 30°C a 32°C.



Figura 20 - Localização do município do Rio de Janeiro no território brasileiro (IBGE I. B., 2020).

De acordo com o posicionamento no território brasileiro e conforme já estabelecido pela norma ABNT NBR 15220, o município do Rio de Janeiro está localizado na zona bioclimática oito e apresenta os dados climáticos descritos na Tabela 20. As informações expostas na tabela serão utilizadas no desenvolvimento do caso de estudo, considerando como período de avaliação os dias típicos de verão e de inverno, conforme recomendado pela norma ABNT NBR 15575.

Tabela 20 - Dados climáticos do município do Rio de Janeiro (ABNT A. B., 2013).

| Dados dos dias típicos de verão | | Dados dos dias típicos de inverno | |
|--|------|--|------|
| Temperatura máxima diária [°C] | 35,1 | Temperatura mínima diária [°C] | 15,8 |
| Amplitude diária de temperatura [°C] | 6,4 | Amplitude diária de temperatura [°C] | 6,3 |
| Temperatura de bulbo úmido [°C] | 25,6 | Temperatura de bulbo úmido [°C] | 19,1 |
| Radiação Solar [Wh/m ²] | 5722 | Radiação Solar [Wh/m ²] | 4030 |
| Nebulosidade [décimos] | 5 | Nebulosidade [décimos] | 5 |

De acordo com a norma ABNT NBR 15220, as diretrizes construtivas recomendadas para as habitações localizadas na zona bioclimática oito apresentam grandes aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, paredes externas e coberturas leves e refletoras à radiação solar.

3.2.2 PORTO ALEGRE – BRASIL

O município de Porto Alegre está situado à 30° 1' 40" de latitude sul e 51° 13' 43" de longitude oeste, é a capital do estado do Rio Grande do Sul, localizado na Região Sul

do Brasil, sua distância para o município do Rio de Janeiro é de 1.125 km, sua altitude média é de 10m e seu posicionamento no território brasileiro está exibido na Figura 21. A área do município é de 496,68 km² e o clima é subtropical úmido. A temperatura média anual é de 19,5°C, porém durante o inverno as temperaturas mínimas podem atingir até 4,3°C, muito diferente do que ocorre no Rio de Janeiro, onde a temperatura mínima raramente é inferior a 15,8°C.



Figura 21 - Localização do município de Porto Alegre no território brasileiro (IBGE I. B., 2020).

Considerando a localização do município de Porto Alegre no território brasileiro e utilizando a diretriz já estabelecida na norma ABNT NBR 15220, Porto Alegre está inserida na zona bioclimática três e é possível conhecer algumas de suas características climáticas através da Tabela 21. Os dados da tabela serão utilizados de acordo com o necessário na realização do caso de estudo, considerando como período de avaliação, os dias típicos de verão e de inverno, conforme recomendado pela norma ABNT NBR 15575.

Tabela 21 - Dados climáticos do município de Porto Alegre (ABNT A. B., 2013).

| Dados dos dias típicos de verão | | Dados dos dias típicos de inverno | |
|--|------|--|------|
| Temperatura máxima diária [°C] | 35,9 | Temperatura mínima diária [°C] | 4,3 |
| Amplitude diária de temperatura [°C] | 9,6 | Amplitude diária de temperatura [°C] | 8,6 |
| Temperatura de bulbo úmido [°C] | 23,9 | Temperatura de bulbo úmido [°C] | 12,1 |
| Radiação Solar [Wh/m ²] | 5476 | Radiação Solar [Wh/m ²] | 2410 |
| Nebulosidade [décimos] | 5 | Nebulosidade [décimos] | 6 |

Para essa zona bioclimática é recomendado pela norma ABNT NBR 15220 a utilização das seguintes soluções construtivas: paredes externas leves e refletoras à

radiação solar; cobertura leve e isolada; aberturas médias para ventilação; ventilação cruzada no verão; aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas no inverno com inércia térmica.

3.2.3 PORTO – PORTUGAL

O município do Porto está situado à $41^{\circ} 9' 0''$ de latitude norte e $8^{\circ} 36' 37''$ de longitude oeste, é a capital do distrito do Porto, localizado na região noroeste de Portugal, apresenta uma altitude média de 83m e é possível observar o seu posicionamento no território português na Figura 22. O clima no Porto é mediterrânico, no inverno as temperaturas variam entre $5,1^{\circ}\text{C}$ e $14,2^{\circ}\text{C}$, com média aproximada de $9,6^{\circ}\text{C}$, durante essa estação há dias chuvosos e dias de céu limpo com temperaturas mais baixas. No verão as temperaturas variam entre os $13,6^{\circ}\text{C}$ e os $24,7^{\circ}\text{C}$, com média aproximada de 19°C . (CLIMATE-DATA, 2020)

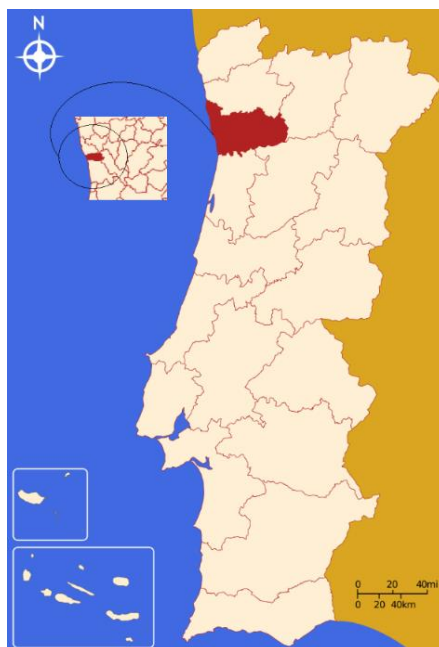


Figura 22 - Localização do município do Porto no território português (WIKIPÉDIA, 2020).

Assim sendo, de acordo com os critérios estabelecidos no Despacho nº 15793-F/2013 e considerando a altitude da habitação para efeitos de cálculo de 80m, a região do Grande Porto apresenta valores de graus-dias (GD) de referência de 1250°C e uma temperatura média exterior ($\theta_{\text{ext,v}}$) de referência de $20,9^{\circ}\text{C}$. Aplicando as devidas correções de altitude referidas no Despacho, foram obtidos os resultados presentes na Tabela 22, promovendo para o edifício uma classificação quanto a zona climática de I1 para o inverno e V2 para o verão.

Tabela 22 - Dados climáticos para a habitação no Porto a uma altitude de 80m.

| | | |
|---------------------------------|---|------------------------------------|
| Estação de Aquecimento | Duração da estação (M) | 6,2 meses |
| | Graus-dias de aquecimento (GD) | 1228°C.dia |
| | G_{sul} | 130 kWh/m ² /mês |
| Estação de Arrefecimento | Temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$) | 20,9°C |
| | I_{sol} [kWh/m ²] | N-220 E-490 S-425 W-490 HOR-800 |

As estratégias recomendadas para uma habitação que se encontre nessas zonas climáticas adotam para o inverno a restrição da condução e a promoção dos ganhos solares, enquanto para o verão devem adotar também a restrição da condução, dos ganhos solares, dotando os envidraçados de sombreamentos eficazes, e promover a ventilação (Gonçalves & Graça, 2004).

3.2.4 LISBOA – PORTUGAL

O município de Lisboa está situado à 38° 42' 26" de latitude norte e 9° 8' 8" de longitude oeste, é a capital do distrito de Lisboa, localizado na região oeste de Portugal, apresenta uma altitude média de 2m e é possível observar o seu posicionamento no território português na Figura 23. O clima em Lisboa assim como no Porto é mediterrânico, o verão é em geral quente e seco e as temperaturas variam entre 15,6°C e 27,8°C, com média de cerca de 22°C. O inverno é tipicamente chuvoso e fresco, porém com alguns dias de sol, as temperaturas variam entre 8,6°C e 15,7°C, com média aproximada de 12°C (CLIMATE-DATA, 2020).

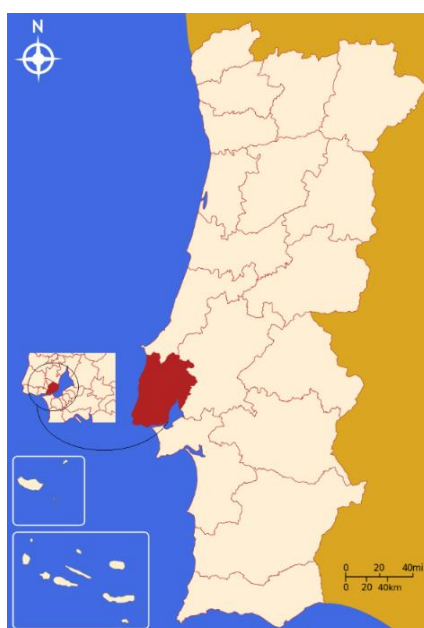


Figura 23 - Localização do município de Lisboa no território português (WIKIPÉDIA D. d., 2020).

Dessa forma, de acordo com os critérios estabelecidos no Despacho nº 15793-F/2013 e considerando a altitude da habitação para efeitos de cálculo de 5m, a região da Grande Lisboa apresenta valores de graus-dias (GD) de referência de 1071°C e uma temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$) de referência de 21,7°C. . Aplicando as devidas correções de altitude referidas no Despacho, foram obtidos os resultados presentes na Tabela 23, promovendo para o edifício uma classificação quanto a zona climática de I1 para o inverno e V3 para o verão.

Tabela 23 - Dados climáticos para a habitação em Lisboa a uma altitude de 5m.

| | | |
|---------------------------------|---|------------------------------------|
| | Duração da estação (M) | 5,0 meses |
| Estação de Aquecimento | Graus-dias de aquecimento (GD) | 894 °C.dia |
| | G_{sul} | 150 |
| Estação de Arrefecimento | Temperatura média exterior ($\theta_{ext,v}$) | 22,7 °C |
| | I_{sol} [kWh/m ²] | N-225 E-500 S-410 W-500 HOR-840 |

Verifica-se que quando comparadas as zonas climáticas do Porto e de Lisboa, as cidades estão inseridas na mesma zona na estação de aquecimento (inverno), porém na estação de arrefecimento (verão), Lisboa está na zona climática V3, enquanto o Porto está na zona V2, sendo assim, a estação de arrefecimento em Lisboa é mais gravosa.

Com o conhecimento das zonas climáticas de onde a habitação estará inserida, é possível determinar algumas estratégias a serem cumpridas a fim de promover uma melhor eficiência. Para o inverno em Lisboa é recomendada a restrição da condução, a promoção dos ganhos solares e inércia forte, enquanto para o verão se recomenda também a restrição da condução e dos ganhos solares (Gonçalves & Graça, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- 4.1 AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 15575
- 4.2 AVALIAÇÃO DO RTQ-R
- 4.3 AVALIAÇÃO DO REH
- 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA
- 4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS OU ADEQUAÇÕES

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O capítulo anterior expôs o caso de estudo, suas principais características construtivas e as condições climáticas dos locais das habitações em estudo, identificando suas respectivas zonas bioclimáticas conforme determinado pela norma brasileira e pelo despacho português.

Agora serão apresentados os resultados obtidos em cada uma das três metodologias aplicadas de classificação em conjunto com os devidos comentários, comparações necessárias e propostas de adequação. É possível acompanhar o desenvolvimento dos métodos prescritivos do RTQ-R e do REH nos Anexos I e II respectivamente.

4.1 AVALIAÇÃO DA ABNT NBR 15575

O método simplificado da norma brasileira ABNT NBR 15575 tem como objetivo assegurar os requisitos mínimos de segurança, habitabilidade e sustentabilidade nas habitações. Realizou-se a verificação através da comparação entre os requisitos mínimos de transmitância e capacidade térmica das paredes, transmitância térmica da cobertura e percentagem da área de ventilação natural, determinados pela norma, com os valores reais da habitação em estudo.

A Tabela 24 expõe os requisitos estabelecidos na norma de acordo com a zona bioclimática da habitação, assim como os valores obtidos no caso de estudo, proporcionando o comparativo entre ambos.

Tabela 24 - Análise da conformidade com os requisitos mínimos exigidos no método simplificado da NBR 15575.

| Crítérios mínimos da ABNT NBR 15575 (MÉTODO SIMPLIFICADO) | | | |
|--|-------------------------------|---|--|
| Dados Analisados | Requisito Mínimo ZB 03 | Requisito Mínimo ZB 08 | Caso de Estudo |
| U Parede Externa | $U \leq 3,7$ | $U \leq 3,7$ | $U = 2,30$ |
| CT Parede Externa | $CT \geq 130$ | Sem Exigência | $CT = 151$ |
| U Cobertura | $U \leq 2,3$ | $U \leq 2,3$ FV | $U = 2,80$ |
| % A do piso de ventilação | $A \geq 7\%$ | $A \geq 8\%$ Região Nordeste e Sudeste | Sala - $A = 11,66\%$ Quarto 1 - $A = 8,37\%$ Quarto 2 - $A = 8,74\%$ |

Através da Tabela 24 foi possível verificar o não cumprimento do requisito mínimo exigido pela norma referente ao coeficiente de transmitância térmica da cobertura da moradia, os demais requisitos mínimos foram satisfeitos.

4.2 AVALIAÇÃO DO RTQ-R – MÉTODO PRESCRITIVO

Uma das principais diferenças entre o método simplificado da NBR 15575 e o método prescritivo do RTQ-R, é que a norma brasileira somente verifica se a habitação cumpre os requisitos mínimos, enquanto o regulamento além de realizar essas verificações, também considera os dados relacionados ao aquecimento das águas sanitárias e as bonificações atreladas as iniciativas que aumentem a eficiência da moradia.

O RTQ-R tem como objetivo determinar a classificação energética residencial por meio da ponderação das áreas dos ambientes de longa permanência, no caso da habitação em estudo, a sala, o quarto 1 e o quarto 2, com seus equivalentes numéricos, e também, a classificação obtida no sistema de aquecimento de água e as bonificações.

No caso de estudo, a avaliação foi realizada para as duas zonas bioclimáticas onde as habitações estão inseridas, no Rio de Janeiro na zona bioclimática oito (ZB 08) e em Porto Alegre na zona bioclimática três (ZB 03). Utilizou-se como material auxiliar no desenvolvimento do Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais (RTQ-R) a planilha desenvolvida pelo LabEEE, preenchida e apresentada no Anexo I deste trabalho, testada e validada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) e disponibilizada em seu site para download.

Apesar do RTQ-R utilizar como premissas os valores de transmitância e capacidade térmica estabelecidos na norma ABNT NBR 15575, os valores referentes à ventilação natural não mantém esse padrão. No RTQ-R, a percentagem da área de ventilação deve ser maior ou igual a 8% para as zonas ZB 03 e ZB 04 e maior ou igual a 10% na ZB 08. A Tabela 25 detalha e verifica o cumprimento dos requisitos de iluminação e ventilação natural para os ambientes de permanência prolongada.

Tabela 25 - Comparativo da iluminação e da ventilação natural com os requisitos exigidos.

| | Iluminação Natural | | | Ventilação Natural | | |
|----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------|--|-------------------|-------------------------|
| | Área Envidraçada [m ²] | A_i/A_{pav} (%) | Valor de Referência (%) | Área efetiva de ventilação natural [m ²] | A_v/A_{pav} (%) | Valor de Referência (%) |
| Sala | 2,30 | 20,6 | ≥ 12,5 | 1,30 | 11,66 | ≥ 8 ZB 03 ≥ 10 ZB 08 |
| Quarto 1 | 1,45 | 14,8 | ≥ 12,5 | 0,82 | 8,37 | ≥ 8 ZB 03 ≥ 10 ZB 08 |
| Quarto 2 | 1,45 | 15,46 | ≥ 12,5 | 0,82 | 8,74 | ≥ 8 ZB 03 ≥ 10 ZB 08 |

Após analisar a Tabela 25, pode-se afirmar que os requisitos mínimos de iluminação e ventilação natural para a habitação em Porto Alegre (ZB 03) foram cumpridos, porém na habitação localizada no Rio de Janeiro (ZB 08), as áreas efetivas de ventilação natural do quarto 1 e do quarto 2 não são suficientes para satisfazer o exigido, não atendendo a percentagem mínima de ventilação natural.

O estudo da envolvente da habitação é feito através de três indicadores dos ambientes de permanência prolongada:

- Graus-hora para Resfriamento (GH_R) – Representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura base de 26°C para resfriamento;
- Consumo Relativo para Aquecimento (CA) – Consumo de energia (em kWh/(m².ano)) necessário para aquecer e manter o ambiente a 22°C de 21h às 8h;
- Consumo Relativo para Refrigeração (CR) – Consumo de energia (em kWh/(m².ano)) necessário para refrigerar e manter o ambiente a 24°C de 21h às 8h.

A Tabela 26 aponta os valores e as classificações obtidas nos três indicadores citados para ambos os locais das habitações antes de serem considerados os pré-requisitos da envoltória estabelecidos pelo regulamento.

Tabela 26 - Classificação da eficiência da envoltória para cada ambiente de permanência prolongada.

| | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 | Local |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|
| GH_R [°C.h] | B | B | B | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | 6087 | 6001 | 7654 | |
| | A | B | B | Porto Alegre (ZB 03) |
| | 616 | 857 | 1448 | |
| CA [kWh/(m ² .ano)] | Não se aplica | Não se aplica | Não se aplica | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | - | - | - | |
| | C | C | B | Porto Alegre (ZB 03) |
| | 13,903 | 13,565 | 11,634 | |
| CR [kWh/(m ² .ano)] | Não se aplica | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | - | 41,149 | 44,558 | |
| | Não se aplica | B | B | Porto Alegre (ZB 03) |
| | - | 10,230 | 12,247 | |

A partir da análise dos dados da Tabela 26, verifica-se que no geral ambas as casas apresentaram uma boa eficiência da envoltória. É possível observar que ao se tratar dos graus-hora de resfriamento (GH_R), as eficiências foram semelhantes em ambos os projetos e são provenientes de elementos construtivos com resistência térmica, capacidade térmica e fator de ventilação altos.

O consumo relativo para aquecimento (CA) não é aplicável no Rio de Janeiro (ZB 08), devido as altas temperaturas ambiente ao longo de todo o ano na cidade, desprezando então a necessidade de aquecimento da habitação. Já em Porto Alegre, em

função de estar localizado na zona bioclimática três e apresentar temperaturas mais baixas em alguns períodos do ano, faz-se necessário o estudo desse indicador, que apresentou uma eficiência média, atingindo a classificação C na sala e no quarto 1, e a classificação B no quarto 2.

No que se refere ao consumo relativo para resfriamento (CR), que é aplicado apenas em dormitórios, a habitação no Rio de Janeiro apresentou uma eficiência da envoltória pior do que a habitação na região Sul do país. A boa eficiência desse indicador está vinculada às baixas capacidades e transmitâncias térmicas dos elementos construtivos e ao baixo fator de ventilação.

Após a verificação dos pré-requisitos dos ambientes, conforme as Tabelas 2 e 9 do Anexo I, que considera os dados referentes às paredes externas, coberturas, iluminação e ventilação natural, foram obtidos os equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento, aquecimento e refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$, $EqNumEnvAmb_A$ e $EqNumEnvAmb_{Refrig}$), expressos na Tabela 27.

Tabela 27 - Classificação após a verificação dos pré-requisitos dos ambientes.

| | | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 | Local |
|---|---|---------------|---------------|---------------|------------------------|
| Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Envoltória para o Verão ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) | C | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | 3 | 3 | 3 | |
| | | C | C | C | Porto Alegre (ZB 03) |
| | | 3 | 3 | 3 | |
| | Envoltória para o Inverno ($EqNumEnvAmb_A$) | Não se aplica | Não se aplica | Não se aplica | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | - | - | - | |
| | | C | C | C | Porto Alegre (ZB 03) |
| | | 3 | 3 | 3 | |
| | Envoltória se Refrigerada Artificialmente ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$) | Não se aplica | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | - | 3 | 3 | |
| | | Não se aplica | C | C | Porto Alegre (ZB 03) |
| | | - | 3 | 3 | |

Com a adição dos pré-requisitos na avaliação, as envoltórias dos quartos 1 e 2 para o verão foram rebaixados da classificação B para C na cidade do Rio de Janeiro, já em Porto Alegre todas as classificações da envoltória se mantiveram as mesmas.

A obtenção dos equivalentes numéricos da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração ($EqNumEnv_{Resfri}$, $EqNumEnv_A$ e $EqNumEnv_{Refrig}$), é feita através da ponderação dos equivalentes numéricos dos ambientes pelas suas respectivas áreas úteis e resultados obtidos estão na Tabela 28.

Tabela 28 - Equivalentes numéricos e suas classificações.

| | | Nota anterior aos pré-requisitos | Nota anterior ao pré-requisito de ventilação cruzada | Local |
|---|---|----------------------------------|--|------------------------|
| Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH | Envoltória para o Verão | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | 3 | 3 | |
| | Envoltória para o Inverno | C | C | Porto Alegre (ZB 03) |
| | | 3 | 3 | |
| | Envoltória se Refrigerada Artificialmente | Não se aplica | Não se aplica | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | - | - | |
| | | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | 3 | 3 | Porto Alegre (ZB 03) |

Após a obtenção de todos os equivalentes numéricos da envoltória é possível classificar a envoltória da habitação. Para o edifício localizado em Porto Alegre, utiliza-se a equação (5), onde são ponderados os equivalentes numéricos de resfriamento e aquecimento em razão da zona bioclimática, já para o Rio de Janeiro é utilizada a equação (7), que despreza o equivalente numérico da envoltória de aquecimento em função da habitação se encontrar na zona bioclimática oito. É possível verificar a classificação final na Tabela 29.

Tabela 29 - Pontuação e classificação final da envoltória da habitação.

| | | Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural | Nota final da envoltória da UH | Local |
|--|--|---|--------------------------------|------------------------|
| Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos | Equivalente numérico da envoltória da UH | C | C | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | | 3 | 3 | |
| | | C | C | Porto Alegre (ZB 03) |
| | | 3 | 3 | |

Com a classificação da envoltória já definida, o próximo passo é determinar o equivalente numérico do sistema de aquecimento das águas sanitárias sabendo que será utilizado um sistema de aquecimento solar, devido a obrigatoriedade por lei da implementação desse tipo de equipamento nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Para o Rio de Janeiro foi considerada uma fração solar superior a 70%, promovendo uma classificação A para o conjunto e desprezando o dimensionamento do sistema de backup. Em Porto Alegre, considerou-se uma fração solar entre 60% e 69%,

e será considerado como sistema de backup um aquecedor elétrico por acumulação (boiler), resultando em uma classificação final C conforme apresentado na Tabela 30.

Tabela 30 - Classificação final dos sistemas de aquecimento das águas sanitárias.

| | Demanda | Classificação | Local |
|--|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Sistema de aquecimento solar | 100% | A 5 | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | 65% | B 4 | Porto Alegre (ZB 03) |
| Aquecedor elétrico por acumulação (boiler) | - | - | Rio de Janeiro (ZB 08) |
| | 35% | D 2 | Porto Alegre (ZB 03) |
| Classificação final | Rio de Janeiro | A 5 | |
| | Porto Alegre | C 3,3 | |

Por fim, falta ser calculado o total das bonificações aplicadas a esse projeto para determinar todas as variáveis da equação (2) e então se obter a pontuação total do nível de eficiência de unidade autônoma. Em função das habitações apresentarem soluções construtivas iguais, o valor final da bonificação será equivalente a 0,25 nas duas. Os itens considerados como bonificações foram:

- Iluminação artificial – Bonificação referente a eficiência da iluminação artificial. No caso do projeto considerou-se que pelo menos 50% das fontes de iluminação artificial apresentavam eficiência superior a 75 lm/W ou Selo Procel, promovendo uma bonificação de 0,05.
- Ventiladores de teto – Bonificação adotada quando pelo menos dois terços dos ambientes de permanência prolongada, nesse caso os quartos 1 e 2 da habitação, possuem ventilador de teto com Selo Procel instalado, acarretando uma bonificação de 0,10.
- Refrigeradores – Bonificação concedida em habitações que possuam refrigeradores instalados com ENCE nível A ou Selo Procel e que garantam as instalações adequadas conforme recomendações do fabricante. Foi adotada uma bonificação de 0,10 no projeto por cumprir esses requisitos.

Todos os fatores a serem considerados na resolução da equação (2) agora são conhecidos e estão expostos na Tabela 31. Com isso, é possível determinar a pontuação total do nível de eficiência das unidades autônomas conforme a Tabela 32.

Tabela 31 - Resumo das classificações individuais da habitação.

| | | Rio de Janeiro | Porto Alegre |
|-----------------|---|--------------------|--------------|
| Pontuação Total | Envoltória para o Verão | C 3 | C 3 |
| | Envoltória para o Inverno | Não se aplica - | C 3 |
| | Aquecimento de água | A 5 | C 3,3 |
| | Equivalente numérico da envoltória | C 3 | C 3 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C 3 | C 3 |
| | Bonificação | 0,25 | 0,25 |
| | Região | Sudeste | Sul |
| | Coefficiente α | 0,65 | 0,65 |

Tabela 32 - Classificação final e pontuação total da habitação no Rio de Janeiro e em Porto Alegre.

| | Rio de Janeiro | Porto Alegre |
|---------------------------|----------------|--------------|
| Classificação final da UH | B | C |
| Pontuação Total | 3,95 | 3,36 |

A aplicação do método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais (RTQ-R) determinou a classificação B para a moradia no Rio de Janeiro e a classificação C para a moradia em Porto Alegre, conforme a Tabela 32. É possível observar na Tabela 31 que ambas as moradias apresentaram desempenho igual em todos os quesitos da envoltória, quando calculados, porém devido a localização do Rio de Janeiro ser mais próxima a linha do equador, a cidade apresenta maior nível de radiação solar, promovendo um melhor desempenho no sistema solar de aquecimento das águas sanitárias e com isso colocando a moradia no Rio de Janeiro melhor classificada do que a em Porto Alegre.

4.3 AVALIAÇÃO DO REH

O método prescritivo do REH foi realizado com o auxílio da folha de cálculo disponibilizada pela orientadora desta dissertação e o seu preenchimento está exposto no Anexo II. Foram realizadas quatro verificações da classificação energética segundo o regulamento europeu, em duas não se considerou a instalação de um sistema solar de aquecimento de água e nas outras duas considerou-se.

A Tabela 33 trata da habitação considerada como já existente no distrito do Porto a uma altitude de 80m, sem sistema solar de aquecimento, apresentando os valores obtidos para a moradia em estudo e os valores de referência em função da localização geográfica e das soluções construtivas recomendadas. É possível observar que as necessidades anuais de energia útil para arrefecimento foi o único dado que apresentou um valor abaixo do de referência, provando que a habitação tem um comportamento satisfatório durante o verão no Porto. A classificação final obtida pela moradia foi E.

Tabela 33 - Valores finais após análise do REH da moradia no Porto.

| Dado | Descrição | Moradia | Ref. | N_{tc}/N_t |
|----------|---|---------|---------|---|
| N_{ic} | Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/(m ² .ano)) | 257,98 | 92,48 | 2,234 |
| N_{vc} | Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/(m ² .ano)) | 8,02 | 9,13 | Classificação Energética E |
| Q_a | Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano) | 1782,96 | 1782,96 | |
| N_{tc} | Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /(m ² .ano)) | 834,47 | 373,51 | |

É possível observar através da Tabela 33 que a necessidade anual de energia útil para aquecimento da moradia é quase três vezes superior do que a de referência. Relativo às necessidades anuais globais de energia primária da habitação, a comparação é semelhante, os valores apresentados são um pouco maiores que duas vezes o de referência. Essa discrepância ocorre devido aos coeficientes de transmitância térmica da moradia serem muito superiores aos máximos permitidos pelo regulamento português, provocando grandes perdas de energia principalmente no inverno, onde a temperatura média exterior é muito inferior à temperatura média de conforto interior, provocando um arrefecimento indesejado da habitação por meios naturais.

A Tabela 34 corresponde a moradia sem sistema solar de aquecimento, localizada no distrito de Lisboa, com uma altitude de 5m e já existente. Os valores apresentados são relativos à moradia em estudo e aos pré-estabelecidos como referência em função da localização geográfica e das soluções construtivas recomendadas. Nota-se que nessa habitação as necessidades anuais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento não satisfizeram os mínimos indicados pelo regulamento, com isso a habitação também apresentou uma classificação energética E.

Tabela 34 - Valores finais após análise do REH da moradia em Lisboa.

| Dado | Descrição | Moradia | Ref. | N_{tc}/N_t |
|------|-----------|---------|------|--------------|
|------|-----------|---------|------|--------------|

| | | | | |
|----------|---|---------|---------|---|
| N_{ic} | Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/(m ² .ano)) | 180,82 | 64,34 | 2,117 |
| N_{vc} | Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/(m ² .ano)) | 30,12 | 16,45 | Classificação Energética E |
| Q_a | Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano) | 1782,96 | 1782,96 | |
| N_{tc} | Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /(m ² .ano)) | 638,23 | 301,43 | |

Com a Tabela 34, pode-se concluir que nenhum dos requisitos das necessidades nominais anuais de energia foi cumprido para a moradia em Lisboa, todos os valores apresentados foram de duas a três vezes superior ao de referência. O principal motivo para essa ocorrência é o mesmo da cidade do Porto, coeficientes de transmitância térmico muito superior aos máximos permitidos. Entretanto, no Porto, durante a estação de arrefecimento, a moradia ainda cumpriu o esperado, devido ao verão mais brando nesta região de Portugal, já em Lisboa, devido à temperatura média exterior ser mais elevada e possuir maior ganhos solares, a habitação não apresentou a mesma qualidade e não cumpriu o requisito.

Para efeitos de estudo e com o objetivo de verificar a importância quanto a classe energética de uma habitação em razão da instalação ou não de um sistema de aquecimento solar, foi calculada a fração referente à energia produzida a partir de fontes de energia renovável, conforme o Anexo IV, e considerou-se esse fator para a obtenção das novas necessidades nominais anuais globais de energia primária nas duas moradias.

Na Tabela 35 pode-se observar que a moradia localizada em Lisboa apresentou uma redução das necessidades anuais globais de energia primária, suficiente para provocar a mudança de classe energética da habitação de E para D. Já no caso do Porto, a redução não foi considerável para promover o mesmo ganho de classificação.

Tabela 35 - Inserção de um sistema de energia renovável nas habitações.

| Dado | Descrição | Porto | Lisboa |
|---------------------------------|--|----------|----------|
| E_{ren} | Energia produzida a partir de fontes de energia renovável (kWh/ano) | 794,00 | 915,00 |
| N_{tc} | Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh _{ep} /(m ² .ano)) | 784,86 | 581,07 |
| N_t | Máximo permitido para as necessidades de energia primária (kWh _{ep} /(m ² .ano)) | 373,51 | 301,43 |
| | N_{tc}/N_t | 2,10 | 1,93 |
| Classificação Energética | | E | D |

É importante salientar que para a realização do REH, os edifícios estudados foram considerados como já existentes, tornando-se possível o não cumprimento dos

requisitos mínimos indicados na legislação portuguesa e demonstrados na Tabela 36. No caso de edifícios novos ou reabilitados o cumprimento dos requisitos mínimos torna-se obrigatório, porém relativamente aos desempenhos durante o inverno (N_{ic}/N_i), o verão (N_{vc}/N_v) e de energia primária (N_{tc}/N_t), a legislação se mostra menos severa quando é o caso de grandes reabilitações.

Tabela 36 - Verificação do cumprimento dos requisitos mínimos de transmitância térmica (Portaria nº 379-A/2015).

| | | U_{max} [W/(m ² .°C)] | U da solução utilizada [W/(m ² .°C)] | Cumpre o requisito? |
|---|---|------------------------------------|---|---------------------|
| | | I1 | | |
| Em contacto com o exterior ou com ENU com btr > 0,7 | Elementos opacos verticais em contacto com o exterior | 0,5 | 2,3 | Não |
| | Elementos opacos horizontais | 0,4 | 2,8 | Não |
| Vãos envidraçados | | 2,8 | 5,2 | Não |

Para os vãos envidraçados, além o requisito mínimo de transmitância térmica, ainda figura o requisito relacionado ao fator solar, porém essa verificação torna-se isenta caso a área do envidraçado seja igual ou inferior a 5% da área do compartimento e caso o envidraçado esteja orientado no quadrante Norte. De resto, os vãos envidraçados devem cumprir os seguintes requisitos:

$$a) \text{ Se } A_{env} \leq 15\% A_{pav} \rightarrow g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax}$$

$$b) \text{ Se } A_{env} > 15\% A_{pav} \rightarrow g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{Tmax} \cdot \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}}$$

Na Tabela 37 está exposta a verificação realizada nos envidraçados da moradia em estudo e apesar do requisito da transmitância térmica não ser cumprido, o do fator solar é obedecido em todos os envidraçados.

Tabela 37 - Verificação regulamentar dos envidraçados.

| Envidraçado | A_{env} | A_{pav} | F_o | F_f | $F_o \cdot F_f$ | g_T | $g_T \cdot F_o \cdot F_f$ | $A_{env} >$ | Atende ? |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------|-----------------|-------|---------------------------|---|-------------|
| | | | | | | | | $15\% A_{pav}$ | |
| | | | | | | | | $\frac{g_{Tmax} \cdot 0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}}$ | |
| Quarto 2 | 1,45 | 9,38 | 1 | 1 | 0,9 | 0,33 | 0,30 | 0,54 | Sim |
| Sala S | 1,15 | 11,15 | 0,57 | 0,93 | 0,53 | 0,33 | 0,17 | 0,41 | Sim |
| Sala W | 1,15 | | 1 | 1 | 0,9 | 0,33 | 0,30 | | Sim |
| | | | | | | | | $A_{env} \leq$ | |
| | | | | | | | | $15\% A_{pav}$ | |
| | | | | | | | | g_{Tmax} | |
| WC | 0,48 | 3,5 | 1 | 1 | 0,9 | 0,33 | 0,30 | 0,56 | Sim |
| Quarto 1 | 1,45 | 9,8 | 1 | 1 | 0,9 | 0,33 | 0,30 | 0,56 | Sim |

Ainda tratando dos envidraçados, é importante ressaltar que em Portugal não são mais utilizados os vidros simples por exigências de isolamento sonoro em relação ao ambiente exterior, com isso o tipo de caixilharia mais usual em todo o território brasileiro não seria mais uma opção no país europeu.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA

Partindo do princípio de que algumas considerações tiveram que ser feitas na análise dos dois regulamentos, não se pode afirmar que foi possível realizar uma comparação efetiva entre as quatro habitações, principalmente entre as localizadas no território brasileiro e português, porém será apresentada uma análise comparativa dos principais tópicos abordados por cada regulamento.

A primeira comparação realizada é referente as condições climáticas nas quadro cidades simuladas, que trazem características diferentes, principalmente quando se compara o Rio de Janeiro das demais. O Porto apresenta temperaturas médias de 9,6°C no inverno e de 19°C no verão, enquanto Lisboa, localizada a cerca 300 km, tem médias de 12°C para o inverno e de 22°C no verão. Nas cidades brasileiras, o Rio de Janeiro possui temperaturas médias de 21,1°C no inverno e de 25,7°C no verão, já Porto Alegre, distanciada do Rio de Janeiro por aproximadamente 1125 km, apresenta média de 16,5°C no inverno e de 23,5°C durante o verão.

Além da divergência das características climáticas, cada regulamentação é realizada com base em temperaturas de conforto térmico diferentes. O regulamento brasileiro considera os consumos relativos ao aquecimento para manter a habitação a uma temperatura de 22°C somente de 21h às 8h e os consumos relativos ao arrefecimento para manutenção da temperatura de 24°C durante o mesmo período. Já em Portugal, o regulamento considera para a estação de aquecimento, a temperatura

interior de conforto de 18°C, e para o período de junho a setembro que corresponde a estação de arrefecimento a temperatura deve ser 25°C, durante as 24 horas do dia.

Na Figura 24 é possível acompanhar a relação entre as temperaturas médias locais e as de conforto exigidas e fica visível que as diferenças ocasionadas nas cidades portuguesas são maiores, acarretando em um maior dispêndio energético para atingir a temperatura desejada, principalmente durante o inverno.

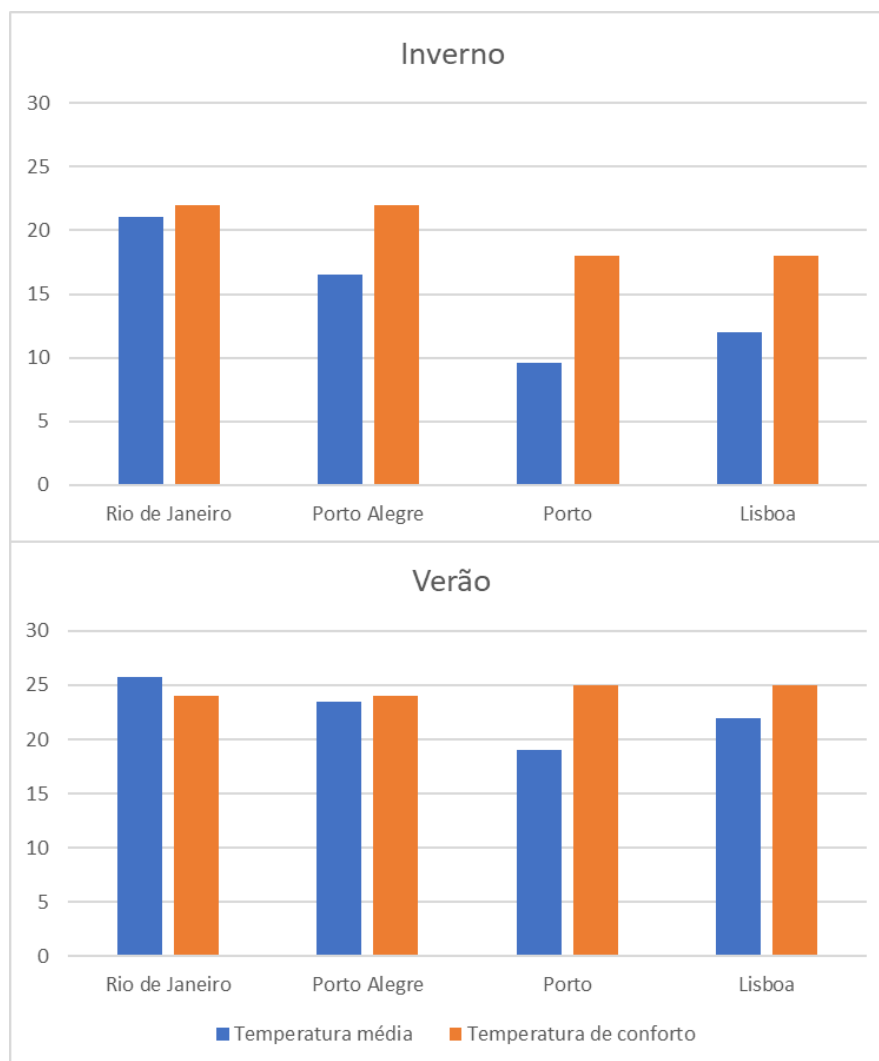


Figura 24 - Comparativo entre as temperaturas médias locais e as de conforto.

A respeito dos valores dos coeficientes de transmitância térmica máximos permitidos pelos regulamentos, nos dois países eles são definidos de acordo com a zona climática da moradia. A Tabela 38 apresenta os valores estabelecidos de acordo com a localização e verifica que o regulamento brasileiro não apresenta um valor máximo para os vãos envidraçados, diferente do REH. Para os demais elementos, o requisito mínimo brasileiro chega a ser até sete vezes maior do que o português, demonstrando que o RTQ-R é menos exigente quando comparado, pois quanto menor for o coeficiente de transmitância térmica exigido, mais isolados termicamente terão que ser os elementos construtivos.

Tabela 38 - Comparativo dos coeficientes máximos de transmitância térmica.

| | | Brasil | | Portugal |
|--|--------------------|--------|-------|----------|
| | | ZB 03 | ZB 08 | I1 |
| Transmitância Térmica Máxima ($U_{máx}$) [W/(m ² .K)] | Paredes exteriores | 3,7 | 3,7 | 0,5 |
| | Coberturas | 2,3 | 2,3 | 0,4 |
| | Envidraçados | - | - | 2,8 |

Referente aos requisitos de ventilação, os regulamentos também apresentam valores bem distintos. O regulamento português exige que haja uma ventilação mínima de 0,4 Rph, seja ela natural ou mecânica, enquanto a norma ABNT NBR 15575 exige uma ventilação de 1,0 Rph, de forma natural. Já o RTQ-R, além de só exigir a verificação para ambientes de permanência prolongada ventilados naturalmente, fundamenta o requisito na área dos envidraçados, exigindo que na ZB 03 a área de abertura para ventilação seja igual ou superior a 7% da área do pavimento e na ZB 08 a área seja maior ou igual a 8% da área do pavimento, além de ter requisitos de ventilação cruzada.

Quanto a iluminação natural, o RTQ-R exige que a área de iluminação através dos envidraçados seja superior a 12,5% da área do pavimento, para os ambientes de permanência prolongada, enquanto o REH não apresenta requisitos mínimos.

A Tabela 39 apresenta uma comparação entre as necessidades nominais anuais encontradas para a estação de aquecimento e de arrefecimento nas quatro localidades. Para as habitações localizadas no Brasil, como as necessidades são calculadas para cada ambiente de permanência prolongada em separado, quando aplicável, foram somados todos os consumos relativos para uma melhor comparação.

Tabela 39 - Comparativo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e para arrefecimento.

| | Brasil | | Portugal | |
|---|----------------|--------------|----------|--------|
| | Rio de Janeiro | Porto Alegre | Porto | Lisboa |
| Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/(m ² .ano)) | Não se aplica | 39,10 | 257,98 | 180,82 |
| Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/(m ² .ano)) | 85,70 | 22,48 | 8,02 | 30,12 |

Após analisar a Tabela 39, pode-se afirmar que as moradias no Brasil, apresentam necessidades anuais de energia útil para aquecimento muito menores do que as portuguesas, enquanto as necessidades anuais de energia útil para arrefecimento nas cidades portuguesas são consideravelmente menores do que no Rio de Janeiro. Entretanto, em Porto Alegre a semelhança é visível devido à proximidade nas características climáticas entre a cidade brasileira e as portuguesas. O regulamento não é aplicado ao Rio de Janeiro quando se trata do consumo relativo para aquecimento, isso ocorre devido as elevadas temperaturas mesmo durante o inverno, desprezando a

necessidade de dispêndio energético para aquecimento. É importante ressaltar que não é possível uma comparação efetiva entre as necessidades em cada um dos países devido as diversas premissas divergentes dos regulamentos.

Os sistemas de aquecimento das águas sanitárias também são avaliados de modos diferentes pelos regulamentos, o brasileiro analisa o tipo de sistema utilizado, juntamente com as suas características e calcula um equivalente numérico de sistema de aquecimento de água (EqNumAA) que posteriormente é ponderado com os demais equivalentes numéricos para obtenção da classificação final do edifício. O REH por outro lado, calcula efetivamente a energia útil para a preparação de água quente sanitária anual (kWh/ano) e aplica esse valor diretamente no cálculo das necessidades nominais anuais.

Os equipamento de climatização, de aquecimento das águas sanitárias e elétricos no geral, não apresentam nenhum requisito no regulamento brasileiro devido a existência de outras regulamentações brasileiras que impossibilitam a produção e venda de equipamentos com baixa eficiência, com isso, considera-se que os equipamentos utilizados nas moradias brasileiras já apresentam eficiência energética satisfatória, não sendo necessária a verificação. A legislação portuguesa por outro lado apresenta requisitos mínimos a serem cumpridos pelos sistemas de arrefecimento e aquecimento, assim como para sistemas de preparação das águas quentes sanitárias em novas construções e em grandes reabilitações.

A inércia térmica também é um conceito observado de maneiras diferentes pelo REH e pelo RTQ-R. O regulamento português calcula a inércia e a classifica em função da taxa atingida como fraca, média ou forte. Os fatores considerados nesse cálculo são a massa dos elementos construtivos, a posição em que o isolante térmico é colocado e a resistência térmica dos revestimentos superficiais interiores utilizados. Já no Brasil, a inércia térmica só é analisada quando se aplica o método da simulação do RTQ-R, estimada a partir da massa volúmica dos materiais, do calor específico e da espessura de cada camada. Como o método aplicado nesse trabalho foi o prescritivo, esse dado foi desconsiderado.

O último fator considerado no REH é a presença de algum tipo de energia renovável na edificação, se tornando obrigatória em novos edifícios ou em grandes intervenções, desde que exista a exposição solar adequada. O regulamento brasileiro não apresenta a mesma obrigatoriedade, porém para o caso de estudo, utilizaram-se as características construtivas exigidas pelo programa brasileiro Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), que obriga a instalação de painéis solares para aquecimento de água nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Quanto a poupança energética proveniente do sistema solar, os regulamentos também utilizam metodologias diferentes, o RTQ-R considera apenas a fração solar do local e mediante a isso determina um equivalente numérico e uma classificação para o aquecimento das águas sanitárias, que deverá ser ponderada com a classificação do sistema de backup quando a fração solar do local for inferior a 70%. Já o REH utiliza a ferramenta disponibilizada pelo DGEG, que ao aplicar os dados de entrada de acordo com os requisitos exigidos no regulamento português, fornece a quantidade de energia

da habitação que foi satisfeita pelo sistema solar. Desse modo, mais uma vez, fica impossibilitada a comparação efetiva desse termo.

Em síntese, a Tabela 40 traz um comparativo dos principais tópicos abordados nas três metodologias e o que cada uma delas considera efetivamente, porém cada uma com as suas premissas.

Tabela 40 - Comparativo dos tópicos abordados pela NBR 15575, pelo RTQ-R e pelo REH.

| Tópicos | NBR 15575 (Simplificado) | RTQ-R (Prescritivo) | REH |
|----------------------|-------------------------------------|--|--|
| Ambientes Analisados | Ambientes de permanência prolongada | Ambientes de permanência prolongada | Toda a edificação |
| Envolventes | Paredes externas e cobertura | Paredes externas, coberturas, contato com o solo e envidraçados (dependendo da região) | Paredes exteriores, interiores para ENU e enterradas, pavimentos interiores para ENU, em contacto com o solo e exteriores, vãos envidraçados exteriores e interiores e pontes térmicas lineares e planas |
| Ganhos | - | - | Ganhos solares totais e úteis, e ganhos internos |
| Zonamento | Zonamento Bioclimático | Zonamento Bioclimático | Zonas climáticas de inverno e verão de acordo com a NUTS III e a altitude local |
| Sombreamento | - | - | Palas verticais e horizontais e elementos ao entorno |
| Ventilação | Área de abertura e 1,0 Rph | Área de abertura e requisito de ventilação cruzada | Valor mínimo de renovações horarias para verão e inverno |
| AQS | - | Pré-requisitos mínimos | Calculada as necessidades energéticas dos sistemas |
| Energia Renovável | - | - | Considera, se existir exposição solar adequada, um sistema melhor ou igual ao sistema padrão definido para coletores solares térmicos |

Após análise da Tabela 40 e de todas as outras diferenças citadas, é possível afirmar que o REH é um regulamento mais completo, que adota mais parâmetros em seu cálculo, considerando diversos fatores que são desprezados pelo método simplificado da norma ABNT NBR 15575 e pelo método prescritivo do RTQ-R.

De acordo com o PORDATA, em Portugal o valor médio pago por kWh consumido de energia em ambientes domésticos em 2019 foi de € 0,215, enquanto no Brasil, de acordo com a ANEEL, o preço médio do kWh para fins residenciais é atualmente R\$ 0,572, o que convertendo para Euro com as cotações atuais resulta em aproximadamente € 0,088. Ou seja, o preço da energia elétrica residencial em Portugal é aproximadamente duas vezes e meio maior do que no Brasil, justificando então um empenho maior do país europeu em busca da maior eficiência energética em suas habitações.

Utilizando os dados da Tabela 39, que tratam das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento nas quatro localidades, em conjunto com o custo em € do kWh já determinado e com as eficiências dos equipamentos utilizados em cada sistema, sendo elas de 1,0 para o aquecimento por meio de resistência elétrica e de 3,1 para arrefecimento através de ar condicionado split permuta ar-ar, foi possível o desenvolvimento da Tabela 41, que resultou na Figura 25, com o propósito de evidenciar a discrepância dos custos e dos consumos, principalmente quando a comparação é realizada entre os países.

Tabela 41 - Relação do consumo e do custo energético nas quatro moradias.

| | Brasil | | | | Portugal | | | |
|---------------------|----------------|----------|--------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| | Rio de Janeiro | | Porto Alegre | | Porto | | Lisboa | |
| | kWh | Custo € | kWh | Custo € | kWh | Custo € | kWh | Custo € |
| Aquec. | - | - | 1869 | 164 | 12333 | 2651 | 8644 | 1858 |
| Arrefe. | 1190 | 104 | 312 | 28 | 111 | 24 | 418 | 90 |
| Total anual | 1190 | 104 | 2181 | 192 | 12444 | 2675 | 9062 | 1948 |
| Total mensal | 99 | 9 | 182 | 16 | 1037 | 223 | 755 | 162 |

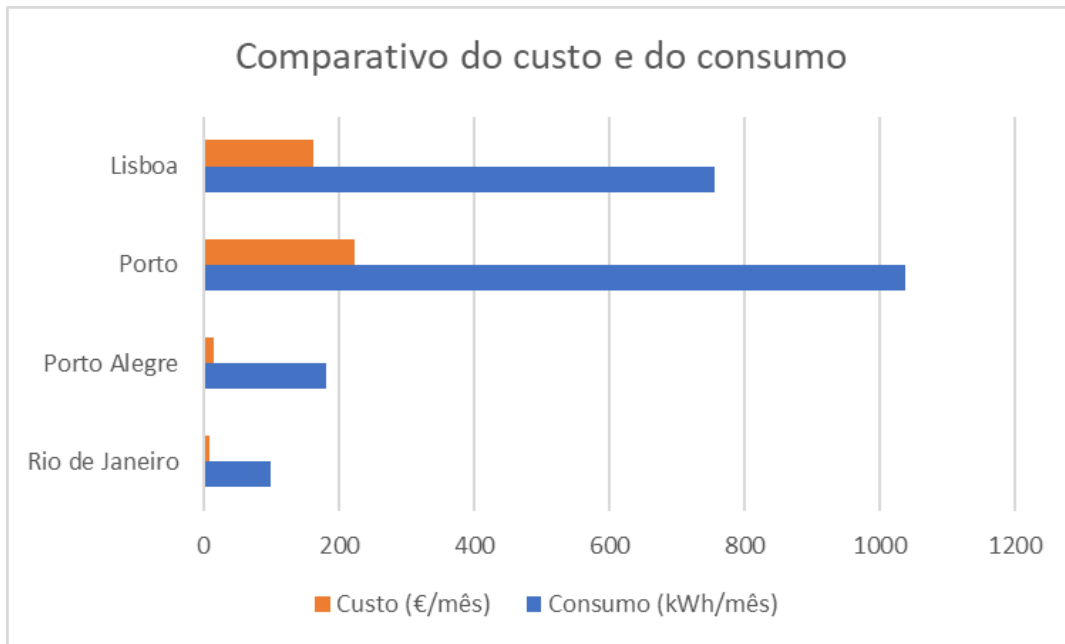


Figura 25 - Comparativo do custo e do consumo nas quatro habitações.

Por fim, após todas as diferenças dos tópicos abordados pelos regulamentos ao longo de seus desenvolvimentos, ainda se é possível citar uma diferença quanto a aplicação do REH e do RTQ-R. O regulamento português é empregue para cada fração individualmente, enquanto o RTQ-R é aplicado no Brasil em três situações, por habitação autônoma, por edifício multifamiliar e para as áreas comuns dos edifícios, ou seja, no caso de um edifício com áreas comuns e mais de uma habitação, o regulamento brasileiro apresentaria distintas classificações para cada uma das situações respeitando as devidas ponderações.

Quanto a classificação final em cada um dos regulamentos, as escalas aplicadas também são diferentes, no brasileiro a habitação com melhor classificação obtém a letra A, enquanto a pior classificação é representada pela letra E. Em Portugal, as classes energéticas vão de A+ à F, sendo as classificações A+, A, B e B- obrigatória em edifícios novos, até à C para grandes reabilitações e até à F para habitações existentes.

4.5 PROPOSTAS DE MELHORIAS OU ADEQUAÇÕES

Após realizar-se o comparativo dos tópicos abordados em cada metodologia, foram observados diversos pontos que são desprezados pela norma em sua metodologia simplificada e pelo método prescritivo do regulamento técnico brasileiro, mas que são considerados no método prescritivo do regulamento português e estão diretamente relacionados ao estudo mais completo e efetivo da eficiência da edificação.

As metodologias brasileiras começam por apresentar valores distintos em alguns parâmetros a serem analisados, como por exemplo a área da ventilação natural exigida

nos envidraçados, sendo o valor exigido no RTQ-R divergente do exigido na norma ABNT NBR 15575. Esse fator torna-se um complicador da aplicação por possibilitar interpretações distintas.

Dessa forma, devido ao Brasil apresentar duas normas e um relatório técnico ainda em vigência e com algumas especificações distintas, a primeira sugestão de melhoria por parte do Brasil seria a unificação em um só programa a fim de facilitar a sua interpretação e conseqüentemente a sua aplicação. Recomenda-se que esse programa mantenha a utilização das etiquetas através do PBE Edifica, pois a etiqueta utilizada nas edificações segue o mesmo padrão das presentes em eletrodomésticos, carros, equipamentos eletrônicos e diversos outros segmentos que visam expressar a sua eficiência de maneira clara e resumida. Sendo assim, a população brasileira já está familiarizada com esse tipo de etiquetagem e consegue identificar de forma clara o seu propósito.

Outro fator que precisa ser revisto na regulamentação brasileira, é a forma de classificação das zonas bioclimáticas definidas na norma ABNT NBR 15220. A norma apresenta apenas oito zonas para todo o território nacional, considerando apenas a localização geográfica, sem considerar dados como a altitude do local por exemplo. Fazendo uma breve comparação entre duas cidades no Estado do Rio de Janeiro (ZB 08), distanciadas entre si por cerca de 90km, Niterói tem altitude média de 8m e temperatura média anual de 23,4°C, enquanto Teresópolis tem uma temperatura média anual de 18,2°C e altitude de 938m, sendo assim não é correto considerar os mesmos parâmetros e requisitos construtivos nessas duas localidades (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

A regulamentação portuguesa também considera no seu desenvolvimento, caso haja, a existência de sombreamentos e a identificação de elemento opacos no entorno do edifício que está sendo analisado. Esses elementos influenciam diretamente nos ganhos solares da edificação, principalmente quando incidem sobre os vãos envidraçados, por isso devem passar a ser considerados pelo método prescritivo do regulamento brasileiro.

Continuando na linha dos ganhos, porém agora relativamente aos ganhos térmicos internos, o REH quantifica um ganho interno médio de 4W/m², sendo eles provenientes da ocupação, iluminação e de equipamentos. O método prescritivo do RTQ-R despreza esses ganhos, que só são aplicados quando é desenvolvido o método de simulação, onde são considerados os mesmos ganhos internos do REH, porém apenas nos ambientes de permanência prolongada e de acordo com padrões das horas de uso fornecidos no regulamento brasileiro. Sendo assim, o método prescritivo do RTQ-R é menos completo quando comparado ao REH, porém quando aplicado o método da simulação do RTQ-R, os ganhos internos são melhores tratados e definidos.

Quanto ao coeficiente de transmitância térmica (U) dos componentes da envoltória, os valores máximos permitidos pelas regulamentações brasileiras nas paredes externas chegam a ser até sete vezes maior do que os máximos determinados pelo REH. Outro fator relevante quando se trata do U, é que o RTQ-R despreza a verificação de um valor máximo para os envidraçados, sendo esses os elementos da envoltória com grande parcela nos ganhos e nas perdas da habitação. Recomenda-se

então que haja uma reavaliação nas determinações brasileiras com o objetivo de minimizar a discrepância entre os $U_{máx}$, além de ser adotado um valor para os envidraçados e conseqüentemente melhorar a eficiência térmica da habitação.

Por fim, como já referido, o REH obriga a implementação de fontes renováveis de energia em novas habitações e em grandes intervenções, desde que haja a exposição solar adequada. Por outro lado, o regulamento brasileiro não tem o mesmo princípio de incentivar a instalação desses sistemas, apesar do Brasil apresentar condições climáticas muito favoráveis. Sendo assim, é recomendado que o RTQ-R passe a exigir a utilização de fontes renováveis de energia nas novas habitações, quando houver exposição solar adequada.

CONCLUSÕES

- 5.1 CONCLUSÕES
- 5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido teve por objetivo a aplicação das normas e regulamentos brasileiros e portugueses que analisam e classificam a eficiência energética das habitações. Como exemplo foi utilizada uma habitação unifamiliar, com soluções construtivas usuais no Brasil e considerou-se a sua localização em quatro cidades, duas no Brasil, sendo uma no Rio de Janeiro e uma em Porto Alegre e duas em Portugal, uma no Porto e uma em Lisboa.

Para se entender o porquê dessa preocupação que concerne a respeito do consumo energético doméstico, o trabalho apresentou o contexto histórico dos movimentos e acordos internacionais firmados a partir de 1970 em defesa da preservação ambiental, juntamente com os panoramas climáticos e energéticos de Portugal e do Brasil, a situação da poluição atmosférica, o atual cenário da eficiência energética nas habitações e as metodologias aplicadas nos dois países para classificação energética habitacional.

Dialogando a respeito do panorama energético, Brasil e Portugal aparecem com bons índices quanto a utilização das energias renováveis em suas matrizes energéticas, muito superiores aos índices médios mundiais. Se tratando de energia elétrica, o Brasil em 2018, apresentou 83,3% proveniente de fontes renováveis, já Portugal possuiu a percentagem um pouco menor em abril de 2020, cerca de 72%, porém ainda assim são valores bem expressivos e que indicam que os dois países estão no caminho certo.

A respeito da eficiência energética nas habitações e as normas e regulamentos aplicados, Portugal aparece alguns passos na frente do Brasil. Isso ocorre devido a obrigatoriedade apenas no país europeu da realização do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do cumprimento de seus requisitos mínimos nas novas edificações e em grandes intervenções, enquanto o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), aplicado no Brasil, não tem aplicação obrigatória nas residências até o momento.

Ao ser desenvolvido o caso de estudo, ficou claro que a falta de obrigatoriedade da aplicação do regulamento brasileiro não é o único fator que coloca o Brasil atrás de Portugal no quesito da eficiência energética das habitações. Muitos aspectos que são analisados e contabilizados no REH, são desprezados pelas metodologias brasileiras ou não são contabilizadas de maneira tão precisa. Além disso, os requisitos mínimos aplicados no país europeu, no geral, são muito mais severos do que os aplicados no país sul-americano, promovendo uma maior eficiência das habitações portuguesas.

A partir dos resultados alcançados com o desenvolvimento do caso de estudo, ensaiados em ambos os regulamentos e adotando algumas premissas necessárias, pôde-se concluir em um primeiro momento, que uma habitação com soluções construtivas brasileiras não seria aprovada no território português, devido ao não cumprimento dos requisitos mínimos adotados pelo REH.

Após desconsiderar os requisitos mínimos para o desenvolvimento do regulamento português, os resultados obtidos nos dois regulamentos foram muito distintos. As moradias estudadas no Rio de Janeiro e em Porto Alegre, apresentaram uma classificação final B e C respectivamente, enquanto as duas moradias em Portugal obtiveram a classificação energética E.

Em função da disparidade entre as escalas de classificação dos dois países, não é possível realizar uma comparação efetiva somente pelas classificações finais, porém se for utilizada, de forma análoga, uma escala percentual em ambas as classificações, considerando a sua melhor classe como 100% eficiente e a pior como 0% eficiente, os resultados finais seriam de uma eficiência de 75% para a habitação no Rio de Janeiro, de 50% para a localizada em Porto Alegre, e de 14,3% para as duas moradias em Portugal.

Desse modo, é mais visível a diferença entre as eficiências de acordo com a localidade e com o regulamento adotado. Porém, não é porque as habitações no Brasil apresentam maior eficiência que elas são efetivamente mais eficientes, pelo contrário, é o regulamento adotado no Brasil, que no seu método prescritivo é mais moderado e despreza fatores essenciais no desempenho térmico habitacional, como os ganhos solares, os ganhos internos, as trocas por transmissão e ventilação, e outros.

Com isso, fica claro que o método prescritivo do regulamento português é mais completo quando comparado ao método prescritivo brasileiro e possibilita a sua utilização como base nas propostas de melhorias e estratégias a serem adotadas no Brasil para aprimoramento do método prescritivo do RTQ-R, sem contar o fato da necessidade de se tornar obrigatório, ao menos em novos edifícios.

A diferença entre os climas das quatro localidades também é um fator indispensável na classificação energética, sendo mais evidenciada quando se compara o Rio de Janeiro com as outras três cidades. O Rio de Janeiro apresenta um clima predominante tropical, onde não há necessidade da utilização de sistemas de aquecimento durante o inverno, devido as elevadas temperaturas nesse período do ano. O RTQ-R considera esse fato e não aplica o cálculo do consumo energético relativo para aquecimento, além de desprezar as verificações da envoltória para o inverno.

Por outro lado, o Rio de Janeiro também é a cidade que tem os maiores ganhos solares devido à sua localização geográfica, que acarreta em elevadas temperaturas durante todo o ano, promovendo altos ganhos solares. Esses dados são desprezados pelo RTQ-R, e provavelmente se fossem ponderados, iriam provocar uma queda de classe energética.

Por fim, concluiu-se que apesar de ambos os países apresentarem as suas metodologias e regulamentos para classificar a eficiência energética de uma habitação, o regulamento português é mais completo do que o método prescritivo brasileiro, além de ser obrigatório. Isso é provocado pela necessidade que Portugal teve de desenvolver o seu regulamento de maneira mais rápida e mais rígida em função da severidade do

clima do país e do cenário atual que impulsiona a tomada de medidas referentes ao desenvolvimento sustentável e eficiência energética na Europa. Sem citar o elevado custo das faturas energéticas, impedindo que muitos portugueses evitem usar os sistemas de aquecimento e arrefecimento.

Sendo assim, o Brasil precisa reformular as suas normas e o método prescritivo do RTQ-R, com o objetivo de estudar efetivamente o desempenho energético, considerando todos os fatores atrelados à performance energética habitacional, mesmo que de maneira simplificada, e ao mesmo tempo revisar os requisitos mínimos aplicados.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros se aconselha propor mudanças nas soluções construtivas adotadas nos edifícios brasileiros, que não necessariamente representem alterações com grande valor do ponto de vista econômico, técnico ou arquitetônico, mas que com certeza promoveriam ganhos na eficiência, como por exemplo aplicação de isolantes e de caixas de ar nas paredes externas, e também a melhoria dos envidraçados.

Ainda tratando do Brasil, outra proposta seria a realização de uma nova divisão do zonamento climático, pois como já foi discutido nesse trabalho, há cidades muito próximas, que estão dentro da mesma zona climática, porém com altitudes completamente diferentes e que apresentam características de clima muito distintas. Sendo assim, recomendaria alguma forma de determinar as zonas climáticas considerando a altitude do local, assim como ocorre no regulamento português.

Relativamente as energias renováveis, no regulamento português já figura essa influência em seu cálculo devido a obrigatoriedade da instalação, desde que haja as condições necessárias para isso. Já no Brasil, o RTQ-R não aborda esse tema, ficando então mais uma sugestão para a regulamentação brasileira, a inserção de uma parcela destinada as energias renováveis.

Uma sugestão a ser feita para o REH, é a aplicação do regulamento, com as suas devidas adaptações, nas áreas comuns e ao edifício em geral. Dessa maneira seria possível uma avaliação completa da eficiência energética de todo o empreendimento, não apenas da habitação em si. Além de promover a competitividade entre as empreiteiras e construtoras para que elas não tenham o único propósito de cumprir os requisitos mínimos, mas também de fazer a real diferença na eficiência energética das habitações.

Para um desenvolvimento futuro, fica a ideia de se aplicar o método da simulação do RTQ-R, em razão desse método considerar os fatores que são examinados pelo REH e desprezados pelo método prescritivo brasileiro, conforme citados no decorrer do trabalho, para então se ter uma comparação mais efetiva da classificação final obtida pelas duas regulamentações.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6.1 NORMAS, DESPACHOS E PORTARIAS

6.2 DIVERSOS

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6.1 NORMAS, DESPACHOS E PORTARIAS

ABNT, A. B. (2005). NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro.

ABNT, A. B. (junho de 2013). NBR 15575 - Norma de Desempenho.

CIDADES, M. D. (22 de março de 2017). PORTARIA Nº 269, DE 22 DE MARÇO DE 2017. Brasil.

Ministério do Ambiente, O. d. (29 de novembro de 2013). Portaria n.º 349-B/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d. (2 de dezembro de 2013). Portaria n.º 349-C/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d. (22 de outubro de 2015). Portaria n.º 379-A/2015. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) 15793-H/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) 15793-I/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) 15793-J/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. Portugal.

Ministério do Ambiente, O. d.-D.-G. (3 de dezembro de 2013). Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Portugal.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, I. E. (17 de janeiro de 2012). Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Brasil.

INMETRO. (2010; 2012). *REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS*. Rio de Janeiro.

6.2 DIVERSOS

- Abreu, W. G. (2012). *Manutenção Predial Sustentável: diretrizes e práticas em shopping centers*. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
- ANEEL. (26 de 09 de 2020). *ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica*. Obtido de <https://www.aneel.gov.br/relatorio-ranking-tarifas>
- APREN - Associação de Energias Renováveis. (22 de maio de 2020). Obtido de <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- Araújo, A. B. (2020). *A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e o Brasil: uma análise da governança para implementação entre 2015 e 2019*. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.
- Arruda, M. (30 de setembro de 2016). *DESAFIOS POLÍTICOS DO ACORDO CLIMÁTICO DE PARIS*.
- AsBEA, G. d.-G. (s.d.). *Guia para Arquitetos na aplicação da norma de desempenho ANBT NBR 15.575*.
- ATLAS, G. C. (30 de março de 2020). Obtido de <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>
- Benite, A. (27 de fevereiro de 2011). *Emissões de Carbono e a Construção Civil*. Brasil.
- Brasil, G. B. (09 de junho de 2020). *Green Building Council Brasil*. Obtido de <https://www.gbcbrazil.org.br/>: <https://www.gbcbrazil.org.br/brasil-ocupa-o-4o-lugar-no-ranking-mundial-de-construcoes-sustentaveis-certificadas-pela-ferramenta-internacional-leed/>
- Brüseke, F. (setembro de 1996). *Pressão Modernizante, Estado Territorial e Sustentabilidade*. Obtido em 05 de março de 2020
- Cardoso, H. R. (novembro de 2017). *O Desempenho Energético dos Bairros Sociais - Caso de Estudo do Bairro do Falcão*. Porto, Porto, Portugal.
- CBIC, C. B. (abril de 2013). *DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - GUIA ORIENTATIVO PARA ATENDIMENTO À NORMA ABNT NBR 15575/2013*. Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- CLIMATE-DATA. (26 de 08 de 2020). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtido de <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/porto/porto-161/>
- CLIMATE-DATA.ORG. (29 de setembro de 2020). *pt.climate-data.org*. Obtido de <https://pt.climate-data.org/>
- Cordani, U. G., Marcovitch, J., & Salati, E. (1997). *Avaliação das ações brasileiras após a Rio-92*. São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Correia, P. J. (2015). *Desempenho Térmico e Energético de Edifícios*. Aveiro, Aveiro, Portugal.
- CREA, C. f. (30 de abril de 2020). Obtido de <https://energyandcleanair.org/air-pollution-deaths-avoided-in-europe-as-coal-oil-plummet/>
- Diário de Notícias. (16 de dezembro de 2019). Obtido de <https://www.dn.pt/edicao-do-dia/16-dez-2019/a-cimeira-do-clima-de-madrid-falhou-a-proxima-sera-melhor-11621046.html>

- Eletrobras; Procel; INMETRO; CB3E. (2012). *Manual para Aplicação do RTQ-R*.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética . (2019). *Balanço Energético Nacional 2019*. Rio de Janeiro.
- Fedrigo, N. S., Gonçalves, G., & Lucas, P. F. (janeiro de 2009). Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial. Florianópolis, SC, Brasil.
- G1. (09 de março de 2020). *G1 Roraima*. Obtido de <https://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2020/03/09/sem-fornecimento-da-venezuela-custo-para-manter-energia-em-rr-chega-a-r-16-bilhao-em-um-ano.ghtml>
- Geomundi. (22 de abril de 2020). *Mundo Vestibular*. Obtido de <https://www.mundovestibular.com.br/estudos/geografia/clima-do-brasil>
- Giacomin, R. F., & Calmon, J. L. (2016). Processo de Etiquetagem de Edificações (PBR Edifica): Uma revisão. *SBE16 Brazil & Portugal*.
- Gomide, T. L. (2008). *Engenharia Legal: Novos Estudos*. São Paulo: Leud.
- Gonçalves, H., & Graça, J. M. (Novembro de 2004). Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa, Portugal.
- Guimarães, R., & Fontoura, Y. (2012). Desenvolvimento sustentável na Rio+20: discursos, avanços, retrocessos e novas perspectivas. *Cad. EBAPE.B*, 508-532.
- IBGE. (15 de abril de 2020). *Brasil em Síntese*. Obtido de <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html>
- IBGE, A. E. (15 de abril de 2020). Obtido de <https://atlascolar.ibge.gov.br/mapas-atlas/mapas-do-mundo/dinamica-dos-climas>
- IBGE, I. B. (01 de setembro de 2020). Obtido de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>
- indexmundi. (02 de outubro de 2020). *indexmundi.com*. Obtido de <https://www.indexmundi.com/map/?v=81000&r=xx&l=pt>
- INE. (15 de abril de 2020). *Instituto Nacional de Estatística*. Obtido de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_tema&xpid=INE&tema_cod=1211
- INMET, I. N. (26 de abril de 2020). Obtido de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2019). *Boletim Climatológico Anual Portugal Continental 2019*. Lisboa.
- IPMA, I. P. (26 de abril de 2020). Obtido de <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>
- ITE50, L. (2006). *COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE ELEMENTOS DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS*. Lisboa, Lisboa, Portugal: LNEC.
- Lago, A. A. (2006). *ESTOCOLMO, RIO, JOANESBURGO - O BRASIL E AS TRÊS CONFERÊNCIAS AMBIENTAIS DAS NAÇÕES UNIDAS*. Brasília: FUNAG - Fundação Alexandre de Gusmão.
- Lamberts, R. (2010). *Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico*. Florianópolis, Brasil.

- Leis, H. R. (1993). *Ambientalismo e relações internacionais na Rio-92. Lua Nova: Revista de Cultura e Política.*
- Maciel, A. C. (dezembro de 2013). *Energia Incorporada de Fachadas Ventiladas. Estudo de Caso para Edificação Habitacional em Brasília-DF.* Brasília, Brasil.
- Mendes, F. N. (fevereiro de 2018). *Contributo dos sistemas técnicos para o desempenho energético de edifícios de habitação.* Covilhã, Portugal.
- Monitor, C. (27 de julho de 2020). Obtido de carbonmonitor.org
- Moreira, M. A. (outubro de 2014). *Determinação das Necessidades Energéticas de uma Fracção Autónoma à Luz do Decreto-Lei 118/2013.* Minho, Portugal.
- Moura, M. d., & Motta, A. L. (20, 21, 22 de junho de 2013). *O Fator Energia na Construção Civil. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, p. 14.
- Observatório da Energia; DGEG; ADENE. (2019). *Energia em Números - Edição 2019.* Lisboa: ADENE – Agência para a Energia.
- ONU - Organização das Nações Unidas - Highlights. (2019). *World Population Prospects.* New York: United Nations. Obtido em 05 de março de 2020
- ONU, O. d. (12 de 02 de 2020). *Nações Unidas Brasil.* Obtido de <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>
- Passos, P. N. (2009). *A CONFERÊNCIA DE ESTOLCOMO COMO PONTO DE PARTIDA PARA A PROTEÇÃO INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE.* Curitiba, Paraná, Brasil.
- PINTEREST. (30 de julho de 2020). Obtido de <https://br.pinterest.com/pin/316589048793456653/>
- PORDATA. (26 de 09 de 2020). *PORDATA Base de Dados Portugal Contemporâneo.* Obtido de [https://www.pordata.pt/Europa/Pre%C3%A7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%C3%A9sticos+e+industriais+\(Euro+ECU\)-1477](https://www.pordata.pt/Europa/Pre%C3%A7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%C3%A9sticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477)
- PROCEL EDIFICA, PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. (18 de junho de 2020). Obtido de PBEEDIFICA: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>
- PROJETEEE. (03 de agosto de 2020). Obtido de <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-constructivos/>
- Romeiro, N. M. (março de 2019). *MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO NO BRASIL: ANÁLISE COMPARATIVA DOS REQUISITOS REGULAMENTARES BRASILEIROS E PORTUGUESES.* Coimbra, Portugal.
- Santos, F. d. (novembro de 2019). *EDIFÍCIOS ENERGETICAMENTE EFICIENTE: OS DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE NOVOS EDIFÍCIOS DE SERVIÇO NO BRASIL E EM PORTUGAL.* Porto, Portugal.
- Scalco, V. A., Fonseca, R. W., Beck, E. d., Palladini, G. D., Maia, T., Eli, L., & Lamberts, R. (12, 13 e 14 de novembro de 2014). *Análise do Potencial de Economia Baseado em Edificações Comerciais Etiquetadas.* p. 10.
- Sequinel, M. C. (2002). *Cúpula mundial sobre o desenvolvimento sustentável - Joanesburgo: entre o sonho e o possível.*
- Silva, D. H. (2009). *Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. Revista Brasileira de Política Internacional*, 18.

UFRRJ, U. F. (2012). Continentes - Revista de Geografia - Departamento de Geociências. Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

WIKIPÉDIA, D. d. (03 de setembro de 2020). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito_do_Porto

WIKIPÉDIA, D. d. (03 de setembro de 2020). Obtido de https://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Lisboa

ANEXOS

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

ANEXO IV

ANEXOS

ANEXO I

TABELAS DO RTQ-R – RIO DE JANEIRO

Tabela 1

| Zona Bioclimática | ZB | DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10 | ZB 08 | ZB 08 | ZB 08 |
|---------------------------------------|---------------------------|--|--------|----------|----------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 |
| | Área útil do APP | m ² | 11,15 | 9,8 | 9,38 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 1 | 1 | 1 |
| | Contato com solo | adimensional | 1 | 1 | 1 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m ² .K | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| | CTcob | kJ/m ² .K | 185,00 | 185,00 | 185,00 |
| | αcob | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Paredes Externas | Upar | W/m ² .K | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| | CTpar | kJ/m ² .K | 151,00 | 151,00 | 151,00 |
| | αpar | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 1 | 1 | 1 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 7,00 |
| | SUL | m ² | 6,88 | 7,00 | 0,00 |
| | LESTE | m ² | 0,00 | 8,75 | 8,38 |
| | OESTE | m ² | 10,13 | 0,00 | 0,00 |
| Áreas de Aberturas Externas | NORTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m ² | 1,44 | 1,82 | 0,00 |
| | LESTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 1,82 |
| | OESTE | m ² | 1,44 | 0,00 | 0,00 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| | Somb | adimensional | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Características Gerais | Área das Paredes Internas | m ² | 7,50 | 12,50 | 13,38 |

| | | | | | |
|---|------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Pé Direito | m | 2,50 | 2,50 | 2,50 |
| | C altura | adimensional | 0,224 | 0,255 | 0,267 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | 0 | 0 | 0 |
| | vid | binário | 0 | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m ² .K | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | GHR | °C.h | B | B | B |
| | | | 6087 | 6001 | 7654 |
| Consumo Relativo para Aquecimento | CA | kWh/m ² .ano | Não se aplica 0,000 | Não se aplica 0,000 | Não se aplica 0,000 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m ² .ano | Não se aplica 0,000 | C | C |
| | | | | 41,149 | 44,558 |

Tabela 2

| Pré-requisitos por ambiente | | | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 |
|------------------------------|--|--|------------------|------------------|------------------|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | CT paredes externas | 151 | 151 | 151 |
| | | Upar, CTpar e apar atendem? | Sim | Sim | Sim |
| | Cobertura | Ucob, Ctcob e acob atendem? | Sim | Sim | Sim |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Sim | Sim |
| | | Há corredor no Ambiente? | Não | Não | Não |
| | | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 0 | 0 | 0 |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m ²] | 2,3 | 1,45 | 1,45 |
| | | Ai/Auamb (%) | 20,63 | 14,80 | 15,46 |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 1,3 | 0,82 | 0,82 |
| | | Av/Auamb (%) | 11,66 | 8,37 | 8,74 |
| | | Atende % mínima? | Sim | Não | Não |
| | | Tipo de abertura | de correr | de correr | de correr |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Sim | Sim | Sim |
| | | Atende? | Sim | Sim | Sim |
| | Pontuação após avaliar os pré- | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | |
| Envoltória para Verão | | C 3,00 | C 3,00 | C 3,00 | C 3,00 |

| | | | | | |
|-------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| requisitos por ambiente | Envoltória para Inverno | Não se aplica | Não se aplica | Não se aplica | Não se aplica |
| | | - | - | - | - |
| | Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | Não se aplica | C | C |
| | | 3,00 | - | 3,00 | 3,00 |

Tabela 3

| | | | |
|--|--|---|---|
| Pré Requisitos da Envoltória | Medição individual de água? | | Sim |
| | Medição individual de energia? | | Sim |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 0,65 |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 1,47 |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 1,25 |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 0,82 |
| | | A2/A1 | 1,850340136 |
| | | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | Sim |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 1 |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 1 |
| Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural? | | Sim | |
| Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH | | Nota anterior aos pré-requisitos | Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada |
| | Envoltória para Verão | C | C |
| | | 3,00 | 3,00 |
| | Envoltória para Inverno | Não se aplica | Não se aplica |
| | | - | - |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | C | |
| Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos | Equivalente numérico da envoltória da UH | Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural | Nota final da envoltória da UH |
| | | C | C |
| | | 3,00 | 3,00 |

Tabela 4

| Bonificações | | | |
|---------------------------------------|---|---|--------|
| Bonificação Ventilação Natural | Porosidade | ATAVN (m ²) | 1,47 |
| | | AATVS (m ²) | 0,82 |
| | | AATVL (m ²) | 0,65 |
| | | AATVO (m ²) | 1,3 |
| | | ATFN (m ²) | 15 |
| | | ATFS (m ²) | 15 |
| | | ATFL (m ²) | 19,625 |
| | | ATFNO (m ²) | 21,625 |
| | | Pavimento da UH | 1 ou 2 |
| | | Porosidade a Atender | 20,0% |
| | | Porosidade Norte | 9,8% |
| | | Porosidade Sul | 5,5% |
| | | Porosidade Leste | 3,3% |
| | | Porosidade Oeste | 6,0% |
| | | Atende pelo menos 2 fachadas? | Não |
| | Bonificação | 0 | |
| | Dispositivos Especiais | Todos os APP apresentam dispositivos especiais? | Não |
| | | Quais dispositivos? | |
| | | Bonificação | 0 |
| | Centro Geométrico | Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m? | Não |
| Bonificação | | 0 | |
| Permeabilidade | Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura? | Não | |
| | Bonificação | 0 | |
| Bonificação Iluminação Natural | Profundidade | 50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4.h_a$? | Não |
| | | Bonificação | 0 |
| | Refletância Teto | Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6? | Não |
| Bonificação | | 0 | |
| Outras Bonificações | Uso Racional de Água | Bonificação de uso racional de água | 0 |
| | Condicionamento Artificial de Ar | Bonificação de condicionamento artificial de ar | 0 |

| | | | |
|--|---|--|--------------|
| | Iluminação Artificial | Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes) | De 50% a 99% |
| | | Bonificação | 0,05 |
| | Ventiladores de Teto | Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada? | Sim |
| | | Bonificação | 0,1 |
| | Refrigeradores | Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel? | Sim |
| | | Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante? | Sim |
| | | Bonificação | 0,1 |
| | Medição Individualizada de Aquecimento de Água | Apresenta medição individualizada de água quente? | |
| | | Bonificação | 0 |
| | Total de bonificações | | 0,25 |

Tabela 5

| | | |
|---|---|------------|
| Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água | As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis? | Sim |
| | A edificação apresenta sistema de aquecimento de água? | Sim |
| | A edificação pertence a região Norte ou Nordeste? | Não |
| | O sistema apresenta aquecimento solar? | Sim |
| | A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W ? | Sim |
| | Atende? | Sim |
| | As tubulações para água quente são metálicas? | Não |

| | | |
|--|--|----------|
| | A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)? | Não |
| | Diâmetro nominal da tubulação (cm) | 2,8 |
| | Espessura do isolamento (cm) | 1 |
| | Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK) | 0,137 |
| | Atende? | Sim |
| | A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é: | A |

Tabela 6

| | | |
|--|--|----------------|
| Sistema de aquecimento Solar | Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel? | Sim |
| | Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)? | 120 |
| | Qual é a área de coletores solares existente? (m ²) | 1,95 |
| | Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²) | 61,54 |
| | Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual. | de 70% ou mais |
| | Demanda | 100% |
| | Classificação | A |
| Nota final para o aquecimento de água | A | |
| | 5,00 | |

Tabela 7

| | | |
|------------------------|-------------------------|----------------------|
| Pontuação Total | Identificação | Rio de Janeiro |
| | Envoltória para Verão | C |
| | | 3,00 |
| | Envoltória para Inverno | Não se aplica |
| - | | |

| | | |
|----------------------------------|---|-------------|
| | Aquecimento de Água | A |
| | | 5,00 |
| | Equivalente numérico da envoltória | C |
| | | 3,00 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C |
| | | 3,00 |
| | Bonificações | 0,25 |
| Região | Sudeste | |
| | Coeficiente a | 0,65 |
| Classificação final da UH | | B |
| Pontuação Total | | 3,95 |

TABELAS DO RTQ-R – PORTO ALEGRE

Tabela 8

| Zona Bioclimática | ZB | DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10 | ZB 03 | ZB 03 | ZB 03 |
|---|---------------------------|---|--------|----------|----------|
| Ambiente | Identificação | adimensional | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 |
| | Área útil do APP | m ² | 11,15 | 9,8 | 9,38 |
| Situação do piso e cobertura | Cobertura | adimensional | 1 | 1 | 1 |
| | Contato com solo | adimensional | 1 | 1 | 1 |
| | Sobre Pilotis | adimensional | 0 | 0 | 0 |
| Cobertura | Ucob | W/m ² .K | 2,80 | 2,80 | 2,80 |
| | CTcob | kJ/m ² .K | 185,00 | 185,00 | 185,00 |
| | αcob | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Paredes Externas | Upar | W/m ² .K | 2,30 | 2,30 | 2,30 |
| | CTpar | kJ/m ² .K | 151,00 | 151,00 | 151,00 |
| | αpar | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Característica construtiva | CTbaixa | binário | 0 | 0 | 0 |
| | CTalta | binário | 1 | 1 | 1 |
| Áreas de Paredes Externas do Ambiente | NORTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 7,00 |
| | SUL | m ² | 6,88 | 7,00 | 0,00 |
| | LESTE | m ² | 0,00 | 8,75 | 8,38 |
| | OESTE | m ² | 10,13 | 0,00 | 0,00 |
| Áreas de Aberturas Externas | NORTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | SUL | m ² | 1,44 | 1,82 | 0,00 |
| | LESTE | m ² | 0,00 | 0,00 | 1,82 |
| | OESTE | m ² | 1,44 | 0,00 | 0,00 |
| Características das Aberturas | Fvent | adimensional | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| | Somb | adimensional | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Características Gerais | Área das Paredes Internas | m ² | 7,50 | 12,50 | 13,38 |
| | Pé Direito | m | 2,50 | 2,50 | 2,50 |
| | C altura | adimensional | 0,224 | 0,255 | 0,267 |
| Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2 | isol | binário | 0 | 0 | 0 |
| | vid | binário | 0 | 0 | 0 |
| | Uvid | W/m ² .K | 0 | 0 | 0 |
| Indicador de Graus-hora para Resfriamento | GHR | °C.h | A | B | B |
| | | | 616 | 857 | 1448 |
| | CA | kWh/m ² .ano | C | C | B |

| | | | | | |
|---|----|-------------------------|---------------|----------|----------|
| Consumo Relativo para Aquecimento | | | 13,903 | 13,565 | 11,634 |
| Consumo Relativo para Refrigeração | CR | kWh/m ² .ano | Não se aplica | B | B |
| | | | - | 10,230 | 12,247 |

Tabela 9

| Pré-requisitos por ambiente | | | Sala | Quarto 1 | Quarto 2 | |
|---|---|--|-----------|-----------|-----------|----------|
| Pré Requisitos da Envoltória | Paredes externas | CT paredes externas | 151 | 151 | 151 | |
| | | Upar, CTpar e apar atendem? | Sim | Sim | Sim | |
| | Cobertura | Ucob, Ctcob e acob atendem? | Não | Não | Não | |
| | Fatores para iluminação e ventilação natural | O ambiente é um dormitório? | Não | Sim | Sim | |
| | | Há corredor no Ambiente? | Não | Não | Não | |
| | | Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor? | 0 | 0 | 0 | |
| | Iluminação Natural | Área de abertura para iluminação [m ²] | 2,3 | 1,45 | 1,45 | |
| | | Ai/Auamb (%) | 20,63 | 14,80 | 15,46 | |
| | | Atende 12,5%? | Sim | Sim | Sim | |
| | Ventilação Natural | Área de abertura para ventilação | 1,3 | 0,82 | 0,82 | |
| | | Av/Auamb (%) | 11,66 | 8,37 | 8,74 | |
| | | Atende % mínima? | Sim | Sim | Sim | |
| | | Tipo de abertura | de correr | de correr | de correr | |
| | | Abertura passível de fechamento? | Sim | Sim | Sim | |
| | | ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C? | Não | Não | Não | |
| | | Atende? | Sim | Sim | Sim | |
| | Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente | Ponderação da nota pela área útil do ambiente | | | | |
| | | Envoltória para Verão | C | C | C | C |
| 3,00 | | | 3,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Envoltória para Inverno | | C | C | C | C | |
| | | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | |
| Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C | Não se aplica | C | C | | |
| | 3,00 | - | 3,00 | 3,00 | | |

Tabela 10

| | | | |
|--|--|--|--|
| Pré Requisitos da Envoltória | Medição individual de água? | | Sim |
| | Medição individual de energia? | | Sim |
| | Ventilação Cruzada | Área Aberturas orientação Norte | 0,65 |
| | | Área Aberturas orientação Sul | 1,47 |
| | | Área Aberturas orientação Leste | 1,25 |
| | | Área Aberturas orientação Oeste | 0,82 |
| | | A2/A1 | 1,850340136 |
| | Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25? | | Sim |
| | Banheiros com Ventilação Natural | Nº BWC | 1 |
| | | Nº Banheiros com ventilação natural | 1 |
| Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural? | | Sim | |
| Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH | | Nota anterior aos pré-requisitos | Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada |
| | Envoltória para Verão | C 3,00 | C 3,00 |
| | Envoltória para Inverno | C 3,00 | C 3,00 |
| | Envoltória se Refrigerada Artificialmente | C 3,00 | C 3,00 |
| Pontuação após avaliar todos os pré-requisitos | Equivalente numérico da envoltória da UH | Nota anterior aos pré-requisitos gerais e ao pré-requisito dos banheiros com ventilação natural | Nota final da envoltória da UH |
| | | C | C |
| | | 3,00 | 3,00 |

Tabela 11

| Bonificações | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|------|
| Bonificação Ventilação Natural | Porosidade | ATAVN (m ²) | 1,47 |
| | | AATVS (m ²) | 0,82 |
| | | AATVL (m ²) | 0,65 |
| | | AATVO (m ²) | 1,3 |
| | | ATFN (m ²) | 15 |

| | | | |
|---------------------------------------|---|--|--------------|
| | | ATFS (m ²) | 15 |
| | | ATFL (m ²) | 19,625 |
| | | ATFNO (m ²) | 21,625 |
| | | Pavimento da UH | 1 ou 2 |
| | | Porosidade a Atender | 20,0% |
| | | Porosidade Norte | 9,8% |
| | | Porosidade Sul | 5,5% |
| | | Porosidade Leste | 3,3% |
| | | Porosidade Oeste | 6,0% |
| | | Atende pelo menos 2 fachadas? | Não |
| | Bonificação | 0 | |
| | Dispositivos Especiais | Todos os APP apresentam dispositivos especiais? | Não |
| | | Quais dispositivos? | |
| | | Bonificação | 0 |
| Centro Geométrico | Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m? | Não | |
| | Bonificação | 0 | |
| Permeabilidade | Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura? | Não | |
| | Bonificação | 0 | |
| Bonificação Iluminação Natural | Profundidade | 50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4.h_a$? | Não |
| | | Bonificação | 0 |
| | Refletância Teto | Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6? | Não |
| | | Bonificação | 0 |
| Outras Bonificações | Uso Racional de Água | Bonificação de uso racional de água | 0 |
| | Condicionamento Artificial de Ar | Bonificação de condicionamento artificial de ar | 0 |
| | Iluminação Artificial | Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes) | De 50% a 99% |
| | | Bonificação | 0,05 |

| | | | |
|--|---|--|------|
| | Ventiladores de Teto | Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada? | Sim |
| | | Bonificação | 0,1 |
| | Refrigeradores | Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel? | Sim |
| | | Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante? | Sim |
| | | Bonificação | 0,1 |
| | Medição Individualizada de Aquecimento de Água | Apresenta medição individualizada de água quente? | |
| | | Bonificação | 0 |
| | Total de bonificações | | 0,25 |

Tabela 12

| | | |
|---|---|------------|
| Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água | As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis? | Sim |
| | A edificação apresenta sistema de aquecimento de água? | Sim |
| | A edificação pertence a região Norte ou Nordeste? | Não |
| | O sistema apresenta aquecimento solar? | Sim |
| | A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W ? | Sim |
| | Atende? | Sim |
| | As tubulações para água quente são metálicas? | Não |
| | A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)? | Não |
| | Diâmetro nominal da tubulação (cm) | 2,8 |
| | Espessura do isolamento (cm) | 1 |

| | | |
|--|--|----------|
| | Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK) | 0,137 |
| | Atende? | Sim |
| | A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é: | A |

Tabela 13

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| Sistema de aquecimento Solar | Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel? | Sim |
| | Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)? | 120 |
| | Qual é a área de coletores solares existente? (m ²) | 1,95 |
| | Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²) | 61,54 |
| | Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual. | entre 60% e 69% |
| | Demanda | 65% |
| | Classificação | B 4,00 |
| Aquecedores elétricos por acumulação (Boiler) | Escolha uma opção ao lado: | Boiler A ou B segundo o PBE |
| | Demanda | 35% |
| | Classificação | D 2,00 |
| Nota final para o aquecimento de água | C | |
| | 3,30 | |

Tabela 14

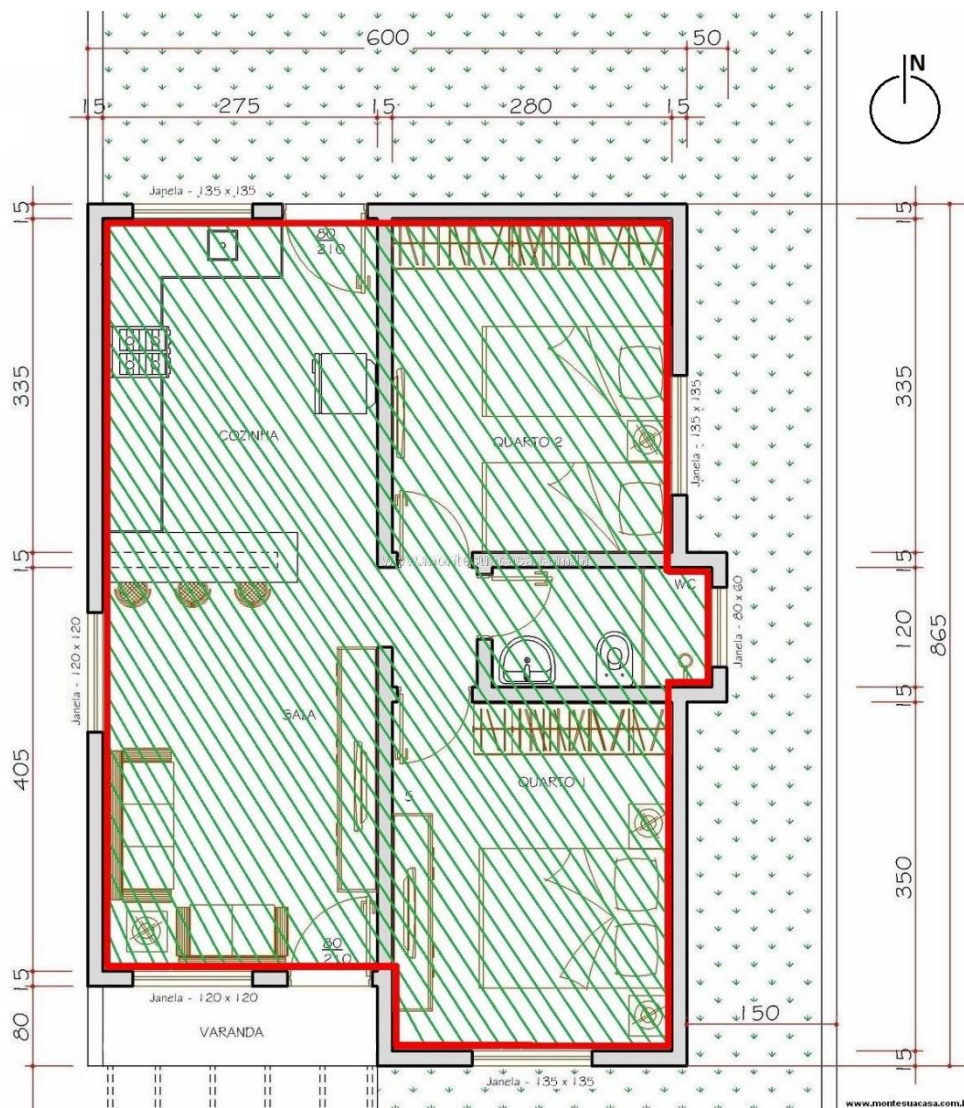
| | | |
|------------------------|-------------------------|--------------|
| Pontuação Total | Identificação | Porto Alegre |
| | Envoltória para Verão | C |
| | | 3,00 |
| | Envoltória para Inverno | C |
| | | 3,00 |
| Aquecimento de Água | C | |

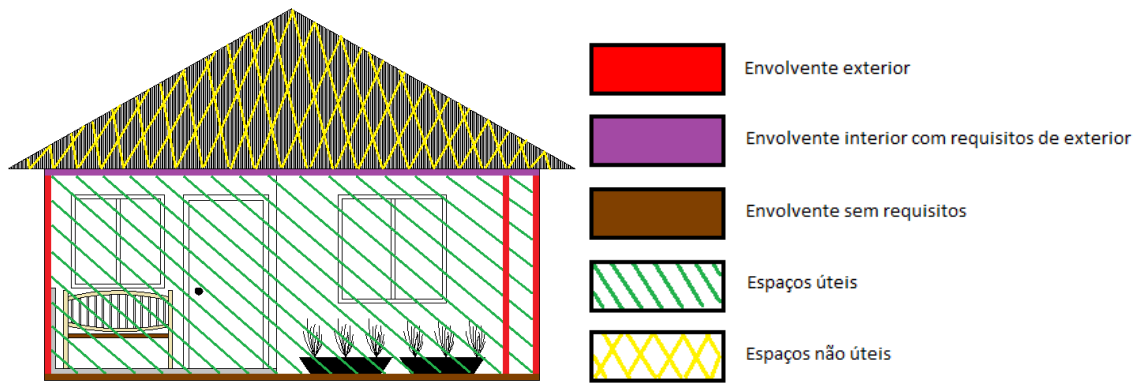
| | | |
|----------------------------------|---|-------------|
| | | 3,30 |
| | Equivalente numérico da envoltória | C |
| | | 3,00 |
| | Envoltória se refrigerada artificialmente | C |
| | | 3,00 |
| | Bonificações | 0,25 |
| | Região | Sul |
| | Coeficiente a | 0,65 |
| Classificação final da UH | | C |
| Pontuação Total | | 3,36 |

ANEXO II

CÁLCULO DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO REH

1. Marcação das Envolventes





2. Cálculo dos coeficientes de transmitância térmica (U [$W/(m^2.K)$])

a) Paredes exteriores:

- Reboco exterior ($e = 0,025m$; $\lambda = 1,30 W/(m.^{\circ}C)$);
- Tijolo cerâmico furado ($e = 0,09$; $R = 0,23 (m^2.^{\circ}C)/W$);
- Reboco interior ($e = 0,025m$; $\lambda = 1,30 W/(m.^{\circ}C)$).

$$R_t = 0,13 + \frac{0,025}{1,3} + 0,23 + \frac{0,025}{1,3} + 0,04 = 0,44 (m^2.^{\circ}C)/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,44} = 2,3 W/(m^2.^{\circ}C)$$

$$U_{m\acute{a}x \text{ Porto}} = 0,50 W/(m^2.^{\circ}C)$$

$$U_{m\acute{a}x \text{ Lisboa}} = 0,50 W/(m^2.^{\circ}C)$$

$$U > U_{m\acute{a}x} - \text{N\~{a}o verifica}$$

b) Cobertura:

- Telha cerâmica
- Caixa de ar ($e > 0,05m$);
- Laje aligeirada ($e = 0,15m$).

i. c Quadro II. 17, Anexo II, ITE 50

$$U = 2,8 W/(m^2.^{\circ}C)$$

$$U_{m\acute{a}x\ Porto} = 0,40\ W/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$U_{m\acute{a}x\ Lisboa} = 0,40\ W/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$U > U_{m\acute{a}x} - \text{N\~{a}o verifica}$$

ii. Ver\~{a}o (fluxo descendente): Quadro II. 20, Anexo II, ITE 50

$$U = 2,0\ W/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

c) Piso em contacto com o solo:

- Piso cer\~{a}mico (e = 0,0075m; $\lambda = 1,3\ W/(m \cdot ^\circ C)$);
- Argamassa (e = 0,01m; $\lambda = 1,30\ W/(m \cdot ^\circ C)$);
- Contrapiso (e = 0,02m; $\lambda = 1,30\ W/(m \cdot ^\circ C)$);
- Bet\~{a}o armado (e = 0,10m; $\lambda = 2,0\ W/(m \cdot ^\circ C)$).

$$R_f = \frac{0,0075}{1,3} + \frac{0,01}{1,3} + \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,10}{2,0} = 0,079\ (m^2 \cdot ^\circ C) / W$$

$$z = 0\ m$$

$$B' = \frac{Ap}{0,5 * P}$$

$$Ap = 43,03\ m^2$$

$$P = 28\ m$$

$$B' = \frac{43,03}{0,5 * 28} = 3,07$$

Nota 1 da Tabela 03 do Despacho nº 15793-K/2013: “Para pavimentos com $z \leq 0,5\text{m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 (m^2 \cdot ^\circ\text{C})/W$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,15 \times U_{(R_f=0,5)} [W/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})]$.”

Aplicando a Tabela 03 do Despacho nº 15793-K/2013:

$$B' = 3,07 \text{ e } U_{(R_f=0,5)} = 0,64$$

$$U_{bf} = 0,736 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U_{\text{máx Porto}} = 0,50 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U_{\text{máx Lisboa}} = 0,50 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U > U_{\text{máx}} - \text{Não verifica}$$

d) Portas exteriores em madeira densa:

- Porta em madeira densa ($e = 0,03\text{m}$; $\lambda = 0,23 \text{ W}/(m \cdot ^\circ\text{C})$).

$$R_t = 0,13 + \frac{0,03}{0,23} + 0,04 = 0,30 (m^2 \cdot ^\circ\text{C})/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0,30} = 3,33 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

e) Envidraçados: Quadro III.2, Anexo III, ITE 50

$$U = 5,2 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

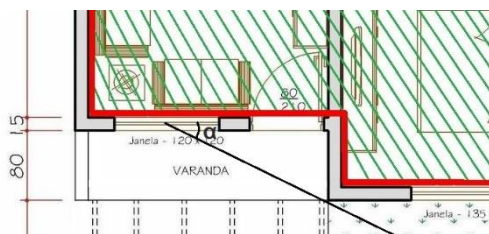
$$U_{\text{máx Porto}} = 2,80 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U_{\text{máx Lisboa}} = 2,80 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$U > U_{\text{máx}} - \text{Não verifica}$$

3. Palas existentes na janela da sala orientada a Sul

a) Pala vertical a esquerda:

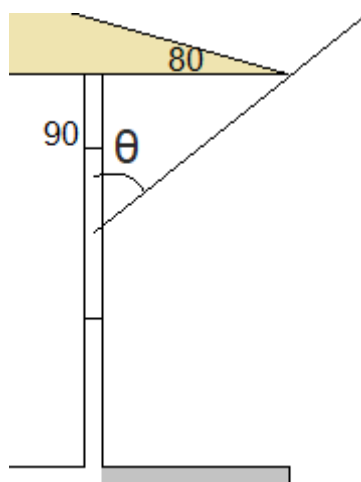


$$\alpha = 23,6^\circ$$

a) Estação de aquecimento: $F_f = 0,94$

b) Estação de arrefecimento: $F_f = 0,93$

b) Pala horizontal:



$$\theta = 41,8^\circ$$

a) Estação de aquecimento: $F_o = 0,62$

b) Estação de arrefecimento: $F_o = 0,57$

TABELAS DO REH - LISBOA

Tabelas fornecidas pela Orientadora desse trabalho devidamente preenchidas com os dados já citados e calculados.

Tabela 1

DADOS CLIMÁTICOS

Localização: Altitude m

Zona climática: Inverno Verão

Zref: m

Dados climáticos de inverno

Mref meses a M meses

Gdref °C.dia a GD °C.dia

Gsul kWh/m²/mês

Dados climáticos de verão

text,v ref °C a text,v °C

Isol kWh/m²

N NE E SE S

SW W NW HOR

Tabela 2

| Envolvente Exterior | | | | | | |
|---|---|--------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-------|
| | | | Dimensão (h*c (m)) | | Área (m ²) | |
| Envidraçados | W | VS01 | Sala | 1,2 | 1,2 | 1,44 |
| | N | VC01 | Cozinha | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | E | VQ02 | Quarto 2 | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | | VWC01 | Casa de Banho | 0,8 | 0,6 | 0,48 |
| | S | VS02 | Sala | 1,2 | 1,2 | 1,44 |
| | | VQ01 | Quarto 1 | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | | | | Total | | 8,83 |
| Parede Exterior Opaca | W | Sala + Cozinha | | (2,50*8,65)-1,44 | | 20,19 |
| | N | Cozinha + Quarto 2 | | (2,50*6,50)-1,82-1,68 | | 12,75 |
| | E | Quarto 2 + WC + Quarto 1 | | (2,50*8,65)-2,3 | | 19,33 |
| | S | Quarto 1 + Sala | | (2,50*6,50)-3,26-1,68 | | 11,32 |
| | | | | Total | | 65,50 |
| Cobertura | | | | | 43,03 | |
| Parede Exterior | | | ψ | b (m) | | |
| Ligação com pavimento térreo | | | 0,8 | 28 | 28 | |
| Ligação com cobertura | | | 1 | 28 | 28 | |
| Duas paredes verticais em ângulo saliente | | | 0,5 | 8*2,5 | 20 | |
| Fachada com caixilharia | | | 0,25 | 28,6 | 28,6 | |

Tabela 3

| Perdas associadas à Envoltente Exterior e em Contacto com o Solo | | | |
|---|------------------------|----------------------------|---------------|
| | | | |
| Paredes Exteriores | Área (m ²) | U (W/(m ² .°C)) | U.A (W/°C) |
| Paredes Exteriores Norte | 12,75 | 2,30 | 29,33 |
| Paredes Exteriores Oeste | 20,19 | 2,30 | 46,43 |
| Paredes Exteriores Este | 19,33 | 2,30 | 44,45 |
| Paredes Exteriores Sul | 11,32 | 2,30 | 26,04 |
| Portas Exteriores | 3,36 | 3,33 | 11,19 |
| | 66,94 | TOTAL | 157,42 |
| Vãos envidraçados exteriores | Área (m ²) | U (W/(m ² .°C)) | U.A (W/°C) |
| Verticais: | | | |
| Sala | 2,88 | 5,20 | 14,98 |
| Cozinha | 1,82 | 5,20 | 9,48 |

| | | | |
|---|-------------------|--|---|
| Quarto 1 | 1,82 | 5,20 | 9,48 |
| Quarto 2 | 1,82 | 5,20 | 9,48 |
| WC | 0,48 | 5,20 | 2,50 |
| Horizontais: | | | |
| | | | 0,00 |
| | | | 0,00 |
| | 8,83 | TOTAL | 45,90 |
| Pontes térmicas lineares | | | |
| Ligações entre: | | | |
| | Comp. B (m) | ψ (W/m. $^{\circ}$ C) | $\psi \cdot B$ (W/ $^{\circ}$ C) |
| Fachada com os pavimentos térreos | 28,00 | 0,80 | 22,40 |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço | 28,00 | 1,00 | 28,00 |
| Dois paredes verticais | 20,00 | 0,50 | 10,00 |
| Fachada com caixilharia | 28,60 | 0,25 | 7,15 |
| Outras | | | 0,00 |
| | 104,60 | TOTAL | 67,55 |
| Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior | | | |
| da Fracção Autónoma | | (W/ $^{\circ}$ C) | TOTAL |
| | | | 270,88 |
| Pavimentos Térreos | | | |
| incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pav. exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamento térmico perimetral | | | |
| | Área (m 2) | U _{bf} (W/m 2 . $^{\circ}$ C) | U _{bf} .A (W/ $^{\circ}$ C) |
| Piso da habitação | 43,03 | 0,74 | 31,67 |
| | | | 0,00 |
| | 43,03 | TOTAL | 31,67 |
| Hecs - Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com o solo | | | |
| da Fracção Autónoma | | (W/ $^{\circ}$ C) | TOTAL |
| | | | 31,67 |

Tabela 4

| Perdas associadas à Envolvente para ENU | | | | |
|---|-------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|
| Coberturas | Área (m 2) | U (W/m 2 . $^{\circ}$ C) | btr (-) | btr.U.A (W/ $^{\circ}$ C) |
| Cobertura | 43,03 | 2,8 | 1 | 120,48 |
| | 43,03 | | TOTAL | 120,48 |

| | | | |
|---|--------|--------------|---------------|
| Henu - Coeficiente de transferência de calor para ENU da Fração Autónoma | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 120,48 |
| Perdas associadas à Envoltente para edifícios adjacentes | | | |
| Hadj - Coeficiente de transferência ENU de calor para da Fração Autónoma | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 0,00 |

Tabela 5

| Perdas associadas à Renovação de Ar | | | |
|---|------|--------------|---------------------|
| Área Útil de Pavimento | | 43,03 | (m ²) |
| Pé-direito médio | | 2,50 | (m) |
| | | = | |
| Volume interior (V) | | 107,58 | (m ³) |
| | | | |
| Volume | | 107,58 | |
| | | x | |
| Taxa de Renovação Nominal | | 0,53 | |
| | | x | |
| Recuperador de calor? Sim - bve= | 0,00 | 1,00 | (1-bve) |
| | | x | |
| | | 0,34 | |
| Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fração Autónoma | | | |
| | | TOTAL | 19,39 (W/°C) |

Tabela 6

| Orientação | Designação do vão envidraçado | Tipo (S-simples ou D-duplo) | Área A (m ²) | Factor de orientação X (-) | Factor Solar do vidro g (-) | Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fracção Envidraçada Fg (-) | Factor de Sel. Angular Fw (-) | Área Efectiva |
|--|--|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|-------------------------------|----------------|
| W | Janela Sala | S | 1,44 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,22 |
| N | Janela Cozinha | S | 1,82 | 0,27 | 0,85 | 1,00 | 0,70 | 0,90 | 0,26 |
| E | Janela Quarto 2 | S | 1,82 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,29 |
| E | Janela Casa de Banho | S | 0,48 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,08 |
| S | Janela Sala | S | 1,44 | 1,00 | 0,85 | 0,27 | 0,70 | 0,90 | 0,21 |
| S | Janela Quarto 1 | S | 1,82 | 1,00 | 0,85 | 0,41 | 0,70 | 0,90 | 0,40 |
| Área efetiva total equivalente na orientação Sul (m ²) | | | | | | | | | 1,45 |
| | | | | | | | | | x |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sol}) na zona | | | | | | | | | |
| I1 | do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês) | | | | | | | | 150 |
| | | | | | | | | | x |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses) | | | | | | | | | 5,0 |
| | | | | | | | | | = |
| G _{sol} -Ganhos Solares Brutos (kWh/ano) | | | | | | | | | 1088,96 |
| Ganhos Internos | | | | | | | | | |
| Ganhos internos médios | | | | | 4 | (W/m ²) | | | |
| | | | | | | x | | | |
| Duração da Estação de Aquecimento M | | | | | 5,0 | (meses) | | | |
| | | | | | | x | | | |
| Área Útil de pavimento | | | | | 43,03 | (m ²) | | | |
| | | | | | | x | | | |
| | | | | | 0,72 | | | | |
| | | | | | | = | | | |
| G _{int} - Ganhos Internos Brutos | | | | | 619,63 | (kWh/ano) | | | |

Tabela 7

| Ganhos Úteis Totais: | | | | | | | |
|--|--|--|---------|------------------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| $\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento}}$ | <table border="1"> <tr><td style="text-align: right;">Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos</td><td style="text-align: center;">1708,59</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">Necessidades Brutas de Aquecimento</td><td style="text-align: center;">9492,54</td></tr> </table> | Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos | 1708,59 | Necessidades Brutas de Aquecimento | 9492,54 | | |
| Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos | 1708,59 | | | | | | |
| Necessidades Brutas de Aquecimento | 9492,54 | | | | | | |
| Inércia do edifício: <input type="text" value="Forte"/> | $a = \text{input value } 4,20 \quad \gamma = \text{input value } 0,18$ | | | | | | |
| <i>(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)</i> | | | | | | | |
| Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos | <table border="1"> <tr><td style="text-align: right;">(η)</td><td style="text-align: center;">0,999</td></tr> </table> | (η) | 0,999 | | | | |
| (η) | 0,999 | | | | | | |
| Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos | <table border="1"> <tr><td style="text-align: right;">x</td><td style="text-align: center;">1708,59</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">=</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: right;">Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)</td><td style="text-align: center;">1707,55</td></tr> </table> | x | 1708,59 | = | | Ganhos Úteis Totais (kWh/ano) | 1707,55 |
| x | 1708,59 | | | | | | |
| = | | | | | | | |
| Ganhos Úteis Totais (kWh/ano) | 1707,55 | | | | | | |

Tabela 8

| Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni) | | | |
|--|---|-----------------------------------|--------------------------|
| Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS | | | |
| | Uref (W/(m².°C)) | A m² | Uref.A (W/°C) |
| Paredes exteriores | 0,50 | 67,16 | 33,58 |
| Coberturas exteriores | 0,40 | 0,00 | 0,00 |
| Pavimentos exteriores | 0,40 | 0,00 | 0,00 |
| Envidraçados exteriores Aenv | $> \frac{0,2 \cdot A}{p}$ | 8,61 | 24,11 |
| | <input type="text" value="8,8"/> <input type="text" value="3"/> | <input type="text" value="8,61"/> | 0,00 |
| Paredes Enterrada ECS | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| Pavimento Enterrado ECS | 0,50 | 0,00 | 0,00 |
| Pavimento Térreo ECS | 0,50 | 43,03 | 21,52 |
| | | TOTAL | 79,20 |
| | Yref | B | Yref.B |

| | | | | | |
|---|--|--------------|------------------|----------------|-------------------------|
| Pontes térmicas lineares | (W/m.°C) | (m) | (W/°C) | | |
| Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda | 0,50 | 56,00 | 28,00 | | |
| 2 Paredes Verticais | 0,40 | 20,00 | 8,00 | | |
| Fachada com caixilharia e caixa de estore | 0,20 | 28,60 | 5,72 | | |
| | | TOTAL | 41,72 | | |
| (Hexts + Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS da Fracção Autónoma | | | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 120,92 | | |
| Perdas por transmissão pela envolvente interior | | | | | |
| | Área | Uref | btr | btr.U.A | |
| Coberturas Interiores | | | | | |
| Cobertura | 43,03 | 0,6 | 1 | 25,82 | |
| | 43,03 | | TOTAL | 25,82 | |
| (Henu+Hadj)ref- Coeficiente de transferência de calor para ENU e edifícios adjacentes da Fracção Autónoma | | | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 25,82 | | |
| Perdas por renovação de ar | Rph,i | Req. | Rph,i ref | v | 0.34*V*Rph,i ref |
| Hvent = | 0,53 | ≤ 0,6 | 0,53 | 107,58 | 19,39 |
| Graus-dias no local (°C.dia) | | | | 894 | |
| Qtr,i,ref | $0,024 \times GD \times Htr,i.ref$ | | | 3148,49 | |
| Qve,i,ref | $0,024 \times GD \times Hve,i,ref$ | | | 415,92 | |
| Qint | $0,72 \times 4 \times M \times Ap$ | | | 619,63 | |
| Gsol,ref | $Gsul \times 0.146 \times 0.15 \times Ap \times M$ | | | 706,77 | |

| | | | |
|---|------------|--|--------|
| Q _{g,u,i,r} _f | niref = | niref (Q _{int} + Q _{sol}) | 795,84 |
| | 0,6 | | |
| Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano) | | | 64,34 |

Tabela 9

| Cálculo do Indicador Nic | |
|--|----------------|
| Perdas térmicas associadas a: | (W/°C) |
| H _{ext} | 270,88 |
| H _{ecs} | 31,67 |
| H _{enu} | 120,48 |
| H _{dj} | 0,00 |
| | = |
| H_{tr} - Coeficiente Global de Perdas por transmissão (W/°C) | 423,03 |
| | + |
| H_{ve} - Coeficiente de transferência de calor por ventilação | 19,39 |
| | = |
| H - Coeficiente global de perdas | 442,42 |
| | x |
| Graus-dias no Local (°C.dia) | 894,00 |
| | x |
| | 0,024 |
| | = |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano) | 9492,54 |
| | - |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) | 1707,55 |
| | = |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano) | 7785,00 |

| | |
|--|--------|
| | / |
| Área Útil de Pavimento (m ²) | 43,03 |
| | = |
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m ² .ano)) | 180,92 |
| | ≤ |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m ² .ano)) | 64,34 |
| Não verifica K.O. | |
| Nic/Ni = 281,19% | |

Tabela 10

| Perdas - transmissão + ventilação | |
|---|----------------------|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A) | 157,42 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A) | 0,00 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A) | 0,00 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | 45,90 (W/°C) |
| | + |
| Perdas térmicas lineares associadas à parede ext (Y,B) | 67,55 (W/°C) |
| Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior | |
| da Fração Autónoma | TOTA L 270,88 (W/°C) |
| Hecs- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente ECS | |
| da Fração Autónoma | TOTA L 31,67 (W/°C) |
| Perdas associadas às paredes para ENU (U.A.btr) | 0,00 (W/°C) |
| | + |

| | | |
|--|----------------|----------------------|
| Perdas associadas aos pavimentos para ENU (U.A.btr) | 0,00 | (W/°C) |
| | + | |
| Perdas associadas às coberturas para ENU (U.A.btr) | 120,48 | (W/°C) |
| | + | |
| Perdas associadas aos envidraçados para ENU (U.A.btr) | 0,00 | (W/°C) |
| | + | |
| Perdas térmicas lineares associadas à parede para ENU(Y,B.btr) | 0,00 | (W/°C) |
| Henu- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente interior da Fração Autónoma | | |
| | TOTAL | 120,48 (W/°C) |
| | L | |
| H - Coeficiente global de perdas por transmissão da FA | | |
| | TOTAL | 423,03 (W/°C) |
| | L | |
| Hve - Coeficiente de perdas por ventilação da FA | | |
| | TOTAL | 21,95 (W/°C) |
| | L | |
| | = | |
| Perdas específicas totais | 444,98 | (W/°C) |
| Temperatura interior de referência | | |
| | 25,00 | (°C) |
| | - | |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9) | 22,7 | (°C) |
| | = | |
| Diferença de temperatura interior-exterior | 2,3 | |
| | x | |
| Perdas específicas totais | 444,98 | (W/°C) |
| | x | |
| | 2,928 | |
| | = | |
| Perdas térmicas totais | 2944,53 | (kWh) |

Tabela 11

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca exterior

| POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura) | | | | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Designação | PAREDES N | PAREDES W | PAREDES E | PAREDES S | POR TANA | POR TASA | COBERTURA |
| Orientação | N | W | E | S | N | S | H |
| Área, A (m²) | 12,75 | 20,19 | 19,33 | 11,32 | 1,68 | 1,68 | 43,03 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| U (W/m²°C) | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 3,33 | 3,33 | 2,80 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Coeficiente de absorção, α | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| factor F - fachadas ou cob. Vent. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Ir (kWh/m²) | 225 | 500 | 500 | 410 | 225 | 410 | 840 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Rse(m².°C/W) | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Factor de sombreamento - opcional | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | = | = | = | = | = | = | = |
| G. Sol. Envolvente Opaca Ex. | 105,57 | 371,40 | 355,58 | 170,80 | 20,14 | 36,70 | 1295,44 |
| | | | | | | | 2355,63 |
| | | | | | | | (kWh) |

Tabela 12

| Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores | | | | |
|---|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| Designação do envidraçado | POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL | | | |
| | Janelas a N | Janelas a W | Janelas a E | Janelas a S do Quarto 1 |
| | | | | |

| | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| Tipo de Vidro (D-duplo S-simples) | S | S | S | S | S |
| Orientação | N | W | E | S | S |
| Área, A (m ²) | 1,82 | 1,44 | 2,30 | 1,44 | 1,82 |
| Fracção envidraçada, Fg | 0,70 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Fator de seletividade angular Fw,v | 0,85 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| Fracção de tempo proteções móveis ativas Fm,v | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| FS global prot. Móveis e permanentes gt - vidro + proteção | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| FS global prot. permanentes gtp vidro | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Fator Solar de verão gv | 0,72 | 0,50 | 0,50 | 0,47 | 0,47 |
| Área Efetiva As,v | 0,92 | 0,51 | 0,81 | 0,47 | 0,60 |
| | x | x | x | x | x |
| Factor de obstrução, Fs | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,53 | 0,90 |
| | x | x | x | x | x |
| Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) | 225 | 500 | 500 | 410 | 410 |
| | = | = | = | = | = |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores | 186,6 5 | 228,6 1 | 365,5 4 | 102,9 5 | 221,2 5 |
| | | | | | 1105, 01 (KWh) |

Tabela 13

Ganhos Internos

| | | |
|--|--------|-------|
| Ganhos Internos médios (W/m ²) | 4 | |
| | x | |
| Área Útil de Pavimento (m ²) | 43,03 | |
| | x | |
| | 2,928 | |
| | = | |
| Ganhos internos Totais | 503,97 | (KWh) |

Ganhos Totais na estação de arrefecimento

| | | |
|---|---------|-------|
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados | 1105,01 | (KWh) |
| | + | |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior | 2355,63 | (KWh) |
| | + | |
| Ganhos internos | 503,97 | (KWh) |
| | = | |
| Ganhos Térmicos Totais | 3964,61 | (KWh) |

Tabela 14

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

| | | |
|---|------------------|-------|
| Ganhos Térmicos Totais | 3964,61 | (kWh) |
| | / | |
| Perdas Térmicas Totais | 2944,53 | (kWh) |
| | = | |
| $\gamma = \text{Ganhos/Perdas}$ | $\gamma =$ 1,346 | |
| Inércia do edifício | Forte | |
| (In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2) | | |
| | a = 4,2 | |

| | | |
|---|----------------|-----------------------------|
| | 1 | |
| | - | |
| Factor de utilização dos ganhos, η | 0,673 | |
| | = | |
| | 0,327 | |
| | x | |
| Ganhos Térmicos Totais | 3964,61 | (kWh) |
| | = | |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento | 1296,05 | (kWh/ano) |
| | / | |
| Área Útil de Pavimento (m ²) | 43,03 | |
| | = | |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc | 30,12 | (kWh/(m ² .ano)) |
| | ≤ | |
| Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv | 16,45 | (kWh/(m ² .ano)) |
| <p>Não verifica K.O.</p> <p>Nvc/Nv (%) = 183,13</p> | | |

Tabela 15

| Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária | |
|---|---------------|
| Nº de ocupantes | 3 |
| Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) <i>(edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)</i> | 120,00 |
| Aumento de temperatura necessário (ΔT) <i>(considerar igual a 35°C)</i> | 35 |
| Número anual de dias de consumo (n_d) | 365 |

| | | |
|---|--|---------------------------|
| Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a) | | 1782,96 (kW.h/ano) |
| Fator de eficiência Hídrica (feh) | | |
| Chuveiro A+ ou superior | | 0,9 |
| Outros | | 1 |

Tabela 16

| TIP O | Elemento da Construã o | Massa superficial útil | | | | | | r i | Si (m ²) | Msi . ri . Si |
|--------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| | | Msi | Elemento s | Espes sura | ρ (kg/m ³) | Msi (kg/m ²) | Msi máx (kg/m ²) | | | |
| EL 1 | Parede Exterior | mi | Reboco | 0,025 | 1800 | 76,725 | 150 | 1 | 65,5 0 | 5025,5 |
| | | | Tijolo furado | 0,09 | 705 | | | | | |
| | | | Reboco | 0,025 | 1800 | | | | | |
| | Cobertura | mi | Laje aligeirada | 0,15 | 2000 | 300 | 150 | 1 | 43,0 3 | 6454,5 |
| EL 2 | Piso em contato com o solo | 150 kg/m ² | - | - | - | 150 | 150 | 1 | 43,0 3 | 6454,5 |
| EL 3 | Parede Interior | mi | Reboco | 0,025 | 1800 | 153,45 | 300 | 1 | 28,3 75 | 4354,1 |
| | | | Tijolo furado | 0,09 | 705 | | | | | |
| | | | Reboco | 0,025 | 1800 | | | | | |
| | | | | | | | | | Tot al | 22288 ,6 |
| Fraca | | It <150 | | | | | | Ap | | 43,03 |
| Média | | 150 ≤ It < 400 | | | | | | | | |
| Forte | | It > 400 | | | | | | Inércia Térmica | | 517,98 |

Tabela – 18 Com sistema solar para aquecimento das AQS

| Equipamentos existentes fração | | | | | | | | | |
|---|---|------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------|------|------------|
| Sistema para aquecimento | Sistema por defeito - Resistência Elétrica | Fonte de Energia | | Eletricidade | FPU (eletricidade=2,5 ; outras=1) | 2,5 | Eficiência Nominal η_i | 0,90 | |
| Sistema para arrefecimento | Sistema por defeito - Ar condicionado split com | Fonte de Energia | | Eletricidade | FPU | 2,5 | Eficiência Nominal η_v | 3,10 | |
| Sistema para AQS | Termoacumulador elétrico | Fonte de Energia | | Eletricidade | FPU | 2,5 | Eficiência Nominal η_a | 0,93 | |
| Sistema com recurso a energia renovável | Sistema solar de aquecimento de águas | Fonte de Energia | | Solar | | 1 | | | |
| Equipamentos de Referência | | | | | | | | | |
| Sistema para aquecimento | Sistemas por defeito | Fonte de energia | | Eletricidade | FPU | 2,5 | η | | 0,9 |
| Sistema para arrefecimento | Sistemas por defeito | Fonte de energia | | Eletricidade | FPU | 2,5 | η | | 3,01 |
| Sistema para AQS | Sistemas por defeito | Fonte de energia | | Eletricidade | FPU | 2,5 | η | | 0,95 |
| Ntc | | | | | | | | | |
| Nic= | 180,92 | Fpu= | 2,5 | η = | 0,90 | | | | |
| Nvc= | 30,12 | Fpu= | 2,5 | η = | 3,10 | | | | |
| Qa= | 1782,96 | Fpu= | 2,5 | η = | 0,93 | | | | |
| Wvm= | 0,00 | Fpu= | 2,5 | η = | 1,00 | | | | |
| Eren= | 915,00 | Fpu= | 1 | | | | | | |
| Ntc= | Nic.Fpu/n | + Nvc.Fpu/n | + Qa.Ap.Fpu/n.%sist | + Qa.Ap.1.%solar | | | | | |
| Ntc = | 502,56 | + 24,29 | + 54,22 | + 21,26 | | | | | |
| Nt= | Ni.Fpu/n | + Nv.Fpu/n | + Qa.Ap.Fpu/n | | | | | | |
| Ntc = | 178,72 | + 13,66 | + 109,04 | = 301,43 | | | | | |
| R _{gr} = | Ntc / Nt | = 1,928 | = 192,8% | Classe Energética D | | | | | |
| | | | | | | | | | 22,7189582 |
| Nt | | | | | | | | | |
| | | Ni= | 64,34 | Fpu= | 2,50 | η = | 0,90 | | |
| | | Nv= | 16,45 | Fpu= | 2,50 | η = | 3,01 | | |
| | | Qa= | 1782,96 | Fpu= | 2,50 | η = | 0,95 | | |
| | | Se | η | > | η_{ref} | $\delta =$ | 0 | | |
| | | Se | η | \leq | η_{ref} | $\delta =$ | 1 | | |
| | | $\eta =$ | 0,67 | \leq | 0,70 | $\delta =$ | 1 | | |
| | | Wvm/AP*Fpu | | Eren.Fpu/AP | | | | | |
| | | 0,00 | | 21,26 | | | | | 581,07 |

TABELAS DO REH - PORTO

Tabela 1

DADOS CLIMÁTICOSLocalização: **Porto** Altitude **80** mZona climática: Inverno **I1** Verão **V2**Zref: **94** m**Dados climáticos de inverno**Mref **6,2** meses a **2** M **6,2** mesesGdref **1250** °C.dia a **1,6** GD **1228** °C.diaGsul **130** kWh/m²/mês**Dados climáticos de verão**text,v ref **20,9** °C a **0** text,v **20,9** °CIsol kWh/m²N **220** NE **350** E **490** SE **490** S **425**SW **490** W **490** NW **350** HOR **800**

Tabela 2

| Envolvente Exterior | | | | | | |
|---|---|--------------------------|---------------|-----------------------|-------|------------------------|
| | | | | Dimensão (h*c (m)) | | Área (m ²) |
| Envidraçados | W | VS01 | Sala | 1,2 | 1,2 | 1,44 |
| | N | VC01 | Cozinha | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | E | VQ02 | Quarto 2 | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | | VWC01 | Casa de Banho | 0,8 | 0,6 | 0,48 |
| | S | VS02 | Sala | 1,2 | 1,2 | 1,44 |
| | | VQ01 | Quarto 1 | 1,35 | 1,35 | 1,82 |
| | | | | | Total | |
| Parede Exterior Opaca | W | Sala + Cozinha | | (2,50*8,65)-1,44 | | 20,19 |
| | N | Cozinha + Quarto 2 | | (2,50*6,50)-1,82-1,68 | | 12,75 |
| | E | Quarto 2 + Wc + Quarto 1 | | (2,50*8,65)-2,3 | | 19,33 |
| | S | Quarto 1 + Sala | | (2,50*6,50)-3,26-1,68 | | 11,32 |
| | | | | | Total | |
| Cobertura | | | | | | 43,03 |
| Parede Exterior | | | ψ | b (m) | | |
| Ligação com pavimento térreo | | | 0,8 | 28 | 28 | |
| Ligação com cobertura | | | 1 | 28 | 28 | |
| Duas paredes verticais em ângulo saliente | | | 0,5 | 8*2,5 | 20 | |
| Fachada com caixilharia | | | 0,25 | 28,6 | 28,6 | |

Tabela 3

| Perdas associadas à Envolvente Exterior e em Contacto com o Solo | | | |
|--|------------------------|----------------------------|---------------|
| Paredes Exteriores | Área (m ²) | U (W/(m ² .°C)) | U.A (W/°C) |
| Paredes Exteriores Norte | 12,75 | 2,30 | 29,33 |
| Paredes Exteriores Oeste | 20,19 | 2,30 | 46,43 |
| Paredes Exteriores Este | 19,33 | 2,30 | 44,45 |
| Paredes Exteriores Sul | 11,32 | 2,30 | 26,04 |
| Portas Exteriores | 3,36 | 3,33 | 11,19 |
| | 66,94 | TOTAL | 157,42 |
| Vãos envidraçados exteriores | Área (m ²) | U (W/(m ² .°C)) | U.A (W/°C) |
| Verticais: | | | |

| | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------------|
| Sala | 2,88 | 5,20 | 14,98 |
| Cozinha | 1,82 | 5,20 | 9,48 |
| Quarto 1 | 1,82 | 5,20 | 9,48 |
| Quarto 2 | 1,82 | 5,20 | 9,48 |
| WC | 0,48 | 5,20 | 2,50 |
| Horizontais: | | | |
| | | | 0,00 |
| | | | 0,00 |
| | 8,83 | TOTAL | 45,90 |
| Pontes térmicas lineares | | | |
| Ligações entre: | | | |
| | Comp. B (m) | ψ (W/m.°C) | $\psi \cdot B$ (W/°C) |
| Fachada com os pavimentos térreos | 28,00 | 0,80 | 22,40 |
| Fachada com cobertura inclinada ou terraço | 28,00 | 1,00 | 28,00 |
| Duas paredes verticais | 20,00 | 0,50 | 10,00 |
| Fachada com caixilharia | 28,60 | 0,25 | 7,15 |
| Outras | | | 0,00 |
| | 104,60 | TOTAL | 67,55 |
| Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior | | | |
| da Fracção Autónoma | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 270,88 |
| Pavimentos Térreos | | | |
| incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pav. exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamento térmico perimetral | | | |
| | Área (m ²) | U _{bf} (W/m ² .°C) | U _{bf} .A (W/°C) |
| Piso da habitação | 43,03 | 0,74 | 31,67 |
| | | | 0,00 |
| | 43,03 | TOTAL | 31,67 |
| Hechs - Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com o solo | | | |
| da Fracção Autónoma | | | |
| | (W/°C) | TOTAL | 31,67 |

Tabela 4

| Perdas associadas à Envolvente para ENU | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|------------|-------------------|
| Coberturas | Área (m ²) | U (W/m ² .°C) | btr (-) | btr.U.A (W/°C) |
| Cobertura | 43,03 | 2,8 | 1 | 120,48 |
| | 43,03 | | TOTAL | 120,48 |
| Henu - Coeficiente de transferência de calor para ENU da Fração Autónoma (W/°C) | | | TOTAL | 120,48 |
| Perdas associadas à Envolvente para edifícios adjacentes | | | | |
| Hadj - Coeficiente de transferência de calor para ENU da Fração Autónoma (W/°C) | | | TOTAL | 0,00 |

Tabela 5

| Perdas associadas à Renovação de Ar | | | | |
|--|-------|--------|--|-------------------|
| Área Útil de Pavimento | | 43,03 | | (m ²) |
| Pé-direito médio | | 2,50 | | (m) |
| | | = | | |
| Volume interior (V) | | 107,58 | | (m ³) |
| Volume | | 107,58 | | |
| | | x | | |
| Taxa de Renovação Nominal | | 0,53 | | |
| | | x | | |
| Recuperador de calor? Sim - bve= | 0,00 | 1,00 | | (1-bve) |
| | | x | | |
| | | 0,34 | | |
| Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fração Autónoma | | | | |
| | TOTAL | 19,39 | | (W/°C) |

Tabela 6

| Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno) | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------|--|
| Ganhos Solares: | | | | | | | | | | |
| Orientação | Designação do vão envidraçado | Tipo (S- simples ou D- duplo) | Área A (m ²) | Factor de orientação X (-) | Factor Solar do vidro (-) | Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff | Fracção Envidraçada Fg (-) | Factor de Sel. Angular Fw (-) | Área Efectiva | |
| W | Janela Sala | S | 1,44 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,22 | |
| N | Janela Cozinha | S | 1,82 | 0,27 | 0,85 | 1,00 | 0,70 | 0,90 | 0,26 | |
| E | Janela Quarto 2 | S | 1,82 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,29 | |
| E | Janela Casa de Banho | S | 0,48 | 0,56 | 0,85 | 0,52 | 0,70 | 0,90 | 0,08 | |
| S | Janela Sala | S | 1,44 | 1,00 | 0,85 | 0,27 | 0,70 | 0,90 | 0,21 | |
| S | Janela Quarto 1 | S | 1,82 | 1,00 | 0,85 | 0,41 | 0,70 | 0,90 | 0,40 | |
| Área efetiva total equivalente na orientação Sul (m ²) | | | | | | | | | 1,45 | |
| | | | | | | | | | x | |
| Radiação incidente num envidraçado a Sul (G _{sul}) na zona do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m ² .mês) | | | | | | | | | 130 | |
| | | | | | | | | | x | |
| Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses) | | | | | | | | | 6,2 | |
| | | | | | | | | | = | |
| G _{sol} - Ganhos Solares Brutos (kWh/ano) | | | | | | | | | 1170,27 | |
| Ganhos Internos | | | | | | | | | | |
| Ganhos internos médios | | | | | 4 | (W/m ²) | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| Duração da Estação de Aquecimento M | | | | | 6,2 | (meses) | | | | |
| | | | | | x | | | | | |
| Área Útil de pavimento | | | | | 43,03 | (m ²) | | | | |
| | | | | | x | | | | | |

| | | |
|-------------------------------|--------|-----------|
| | 0,72 | |
| | = | |
| Gint - Ganhos Internos Brutos | 768,34 | (kWh/ano) |

Tabela 7

| Ganhos Úteis Totais: | | |
|--|--|----------|
| $\gamma =$ | Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos | 1938,61 |
| | Necessidades Brutas de Aquecimento | 13038,98 |
| Inércia do edifício: | Forte | |
| | $a =$ | 4,20 |
| | $\gamma =$ | 0,15 |
| <i>(In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2)</i> | | |
| Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos | (η) | 1,000 |
| | x | |
| Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos | | 1938,61 |
| | = | |
| Ganhos Úteis Totais (kWh/ano) | | 1938,06 |

Tabela 8

| Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni) | | |
|---|----------------------------------|--|
| Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS | | |
| | Uref (W/(m ² .°C)) | |
| Paredes exteriores | 0,50 | |
| Coberturas exteriores | 0,40 | |
| Pavimentos exteriores | 0,40 | |
| Envidraçados exteriores Aenv | $> \frac{0,2 \cdot A}{p}$ | |
| 8,83 | 8,61 | |
| | | A Uref.A m ² (W/°C) |
| | | 67,16 33,58 |
| | | 0,00 0,00 |
| | | 0,00 0,00 |
| | | 8,61 24,11 |
| | | 0,00 0,00 |

| | | | | | |
|---|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| Paredes Enterrada ECS | 0,50 | 0,00 | 0,00 | | |
| Pavimento Enterrado ECS | 0,50 | 0,00 | 0,00 | | |
| Pavimento Térreo ECS | 0,50 | 43,03 | 21,52 | | |
| | | TOTAL | 79,20 | | |
| Pontes térmicas lineares | Yref (W/m.°C) | B (m) | Yref.B (W/°C) | | |
| Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda | 0,50 | 56,00 | 28,00 | | |
| 2 Paredes Verticais | 0,40 | 20,00 | 8,00 | | |
| Fachada com caixilharia e caixa de estore | 0,20 | 28,60 | 5,72 | | |
| | | TOTAL | 41,72 | | |
| (Hexts + Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS | | | | | |
| da Fracção Autónoma | (W/°C) | TOTAL | 120,92 | | |
| Perdas por transmissão pela envolvente interior | | | | | |
| | Área | Uref | btr | btr.U.A | |
| Coberturas Interiores | | | | | |
| Cobertura | 43,03 | 0,6 | 1 | 25,82 | |
| | 43,03 | | TOTAL | 25,82 | |
| (Henu+Hadj)ref- Coeficiente de transferência de calor para ENU e edifícios adjacentes | | | | | |
| da Fracção Autónoma | (W/°C) | TOTAL | 25,82 | | |
| Perdas por renovação de ar | Rph,i | Req. | Rph,i ref | v | 0.34*v*Rph,ir ef |
| Hvent = | 0,53 | ≤ 0,6 | 0,53 | 107,58 | 19,39 |
| Graus-dias no local (°C.dia) | 1228 | | | | |
| Qtr,i,ref | 0,024 x GD x Htr,i.ref | | | 4324,77 | |
| Qve,i,ref | 0,024 x GD x Hve,i,ref | | | 571,32 | |
| Qint | 0,72 x 4 x M x Ap | | | 768,34 | |

| | | | |
|--|----------------------|---------------------|--------|
| Gsol,ref | Gsolx0.146x0.15*Ap*M | | 759,54 |
| Qgu,i,ref | niref | niref (Qint + Qsol) | 916,73 |
| | = 0,6 | | |
| Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano) | | | 92,48 |

Tabela 9

| Cálculo do Indicador Nic | |
|--|-----------------|
| Perdas térmicas associadas a: | (W/°C) |
| Hext | 270,88 |
| Hecc | 31,67 |
| Henu | 120,48 |
| Hadj | 0,00 |
| | = |
| Htr -Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C) | 423,03 |
| | + |
| Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação | 19,39 |
| | = |
| H - Coeficiente global de perdas | 442,42 |
| | x |
| Graus-dias no Local (°C.dia) | 1228,00 |
| | x |
| | 0,024 |
| | = |
| Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano) | 13038,98 |
| | - |
| Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) | 1938,06 |
| | = |
| Necessidades de Aquecimento (kWh/ano) | 11100,91 |
| | / |
| Área Útil de Pavimento (m2) | 43,03 |
| | = |

| | |
|--|--------|
| Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/(m ² .ano)) | 257,98 |
| | ≤ |
| Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/(m ² .ano)) | 92,48 |
| Não verifica K.O. | |
| Nic/Ni = 278,96% | |

Tabela 10

| Perdas - transmissão + ventilação | |
|--|----------------------------|
| Perdas associadas às paredes exteriores (U.A) | 157,42 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A) | 0,00 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A) | 0,00 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A) | 45,90 (W/°C) |
| | + |
| Perdas térmicas lineares associadas à parede ext (Y,B) | 67,55 (W/°C) |
| Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior da Fração Autónoma | TOTAL 270,88 (W/°C) |
| Hecs- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente ECS da Fração Autónoma | TOTAL 31,67 (W/°C) |
| Perdas associadas às paredes para ENU (U.A.btr) | 0,00 (W/°C) |
| | + |
| Perdas associadas aos pavimentos para ENU (U.A.btr) | 0,00 (W/°C) |

| | | | |
|--|-----------|----------------|---------------|
| | + | | |
| Perdas associadas às coberturas para ENU (U.A.btr) | | 120,48 | (W/°C) |
| | + | | |
| Perdas associadas aos envidraçados para ENU (U.A.btr) | | 0,00 | (W/°C) |
| | + | | |
| Perdas térmicas lineares associadas à parede para ENU(Y,B.btr) | | 0,00 | (W/°C) |
| Henu- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente interior da Fração Autónoma | | | |
| | TOTA L | 120,48 | (W/°C) |
| H - Coeficiente global de perdas por transmissão da FA | | | |
| | TOTA L | 423,03 | (W/°C) |
| Hve - Coeficiente de perdas por ventilação da FA | | | |
| | TOTA L | 21,95 | (W/°C) |
| | = | | |
| Perdas específicas totais | | 444,98 | (W/°C) |
| <hr/> | | | |
| Temperatura interior de referência | | 25,00 | (°C) |
| | - | | |
| Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9) | | 20,9 | (°C) |
| | = | | |
| Diferença de temperatura interior-exterior | | 4,1 | |
| | x | | |
| Perdas específicas totais | | 444,98 | (W/°C) |
| | x | | |
| | | 2,928 | |
| | = | | |
| Perdas térmicas totais | | 5341,84 | (kWh) |

Tabela 11

| Ganhos Solares pela Envoltente Opaca exterior | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura) | | | | | | | |
| Designação | PARED ES N | PARED ES W | PARED ES E | PARED ES S | PORT A N | PORT A S | COBER TURA |
| Orientação | N | W | E | S | N | S | H |
| Área, A (m²) | 12,75 | 20,19 | 19,33 | 11,32 | 1,68 | 1,68 | 43,03 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| U (W/m²°C) | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 2,30 | 3,33 | 3,33 | 2,80 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Coefficiente de absorção, α | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| factor F - fachadas ou cob. Vent. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Ir (kWh/m²) | 220 | 490 | 490 | 425 | 220 | 425 | 800 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Rse(m².°C/W) | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | x | x | x | x | x | x | x |
| Factor de sombreamento - opcional | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | = | = | = | = | = | = | = |
| G. Sol. Envoltente Opaca Ex. | 103,22 | 363,98 | 348,47 | 177,04 | 19,69 | 38,04 | 1233,76 |
| | | | | | | | 2284,20 |
| | | | | | | | (kWh) |

Tabela 12

| Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores | | | | | |
|---|------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Designação do envidraçado | POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL | | | | |
| | Janelas a N | Janelas a W | Janelas a E | Janelas a S da Sala | Janelas a S do Quarto 1 |
| Tipo de Vidro (D-duplo S-simples) | S | S | S | S | S |
| Orientação | N | W | E | S | S |
| Área, A (m²) | 1,82 | 1,44 | 2,30 | 1,44 | 1,82 |
| Fracção envidraçada, Fg | 0,70 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Fator de seletividade angular Fw,v | 0,85 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| Fracção de tempo proteções móveis ativas Fm,v | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| FS global prot. Móveis e permanentes gt - vidro + proteção | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |
| FS global prot. permanentes gtp vidro | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Fator Solar de verão gv | 0,72 | 0,50 | 0,50 | 0,47 | 0,47 |
| Área Efetiva As,v | 0,92 | 0,51 | 0,81 | 0,47 | 0,60 |
| | x | x | x | x | x |
| Factor de obstrução, Fs | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,53 | 0,90 |
| | x | x | x | x | x |

| | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|----------------|
| Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m ²) | 220 | 490 | 490 | 425 | 425 |
| | = | = | = | = | = |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores | 182,50 | 224,04 | 358,23 | 106,71 | 229,35 |
| | | | | | 1100,84 |
| | | | | | (KWh) |

Tabela 13

| Ganhos Internos | | |
|--|----------------|--------------|
| Ganhos Internos médios (W/m ²) | 4 | |
| | x | |
| Área Útil de Pavimento (m ²) | 43,03 | |
| | x | |
| | 2,928 | |
| | = | |
| Ganhos internos Totais | 503,97 | (KWh) |
| Ganhos Totais na estação de arrefecimento | | |
| Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados | 1100,84 | (KWh) |
| | + | |
| Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior | 2284,20 | (KWh) |
| | + | |
| Ganhos internos | 503,97 | (KWh) |
| | = | |
| Ganhos Térmicos Totais | 3889,01 | (KWh) |

Tabela 14

| Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc) | | |
|---|---------|-------|
| Ganhos Térmicos Totais | 3889,01 | (kWh) |
| | / | |

| | | |
|---|------------------|-----------------------------|
| Perdas Térmicas Totais | 5341,84 | (kWh) |
| | = | |
| γ = Ganhos/Perdas | γ = 0,728 | |
| Inércia do edifício | Forte | |
| (In. Fraca=1,8; In. Média=2,6; In. Forte=4,2) | | |
| | a = 4,2 | |
| | 1 | |
| | - | |
| Factor de utilização dos ganhos, η | 0,911 | |
| | = | |
| | 0,089 | |
| | x | |
| Ganhos Térmicos Totais | 3889,01 | (kWh) |
| | = | |
| Necessidades Brutas de Arrefecimento | 345,10 | (kWh/ano) |
| | / | |
| Área Útil de Pavimento (m ²) | 43,03 | |
| | = | |
| Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc | 8,02 | (kWh/(m ² .ano)) |
| | ≤ | |
| Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv | 9,13 | (kWh/(m ² .ano)) |
| Verifica | O.K. | |
| Nvc/Nv (%) = | 87,82 | |

Tabela 15

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes

3


| | |
|--|---------------------------|
| Consumo médio diário de referência de AQS (M_{AQS}) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante) | 120,00 |
| Aumento de temperatura necessário (ΔT) (considerar igual a 35°C) | 35 |
| Número anual de dias de consumo (n_d) | 365 |
| Energia despendida com sistemas convencionais (Q_a) | 1782,96 (kW.h/ano) |
| Fator de eficiência Hídrica (feh) | |
| Chuveiro A+ ou superior | 0,9 |
| Outros | 1 |

Tabela 16


| TIP O | Elemento da Construção | Massa superficial útil | | | | | | r i | Si (m ²) | Msi . ri . Si |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------|-------------------------|------------------|
| | | Msi | Elemento s | Espes sura | ρ (kg/m ³) | Msi (kg/m ²) | Msi máx (kg/m ²) | | | |
| EL 1 | Parede Exterior | mi | Reboco | 0,025 | 1800 | 76,725 | 150 | 1 | 65,5 0 | 5025,5 |
| | | | Tijolo furado | 0,09 | 705 | | | | | |
| | | | Reboco | 0,025 | 1800 | | | | | |
| | Cobertura | mi | Laje aligeirada | 0,15 | 2000 | 300 | 150 | 1 | 43,0 3 | 6454,5 |
| EL 2 | Piso em contato com o solo | 150 kg/m ² | - | - | - | 150 | 150 | 1 | 43,0 3 | 6454,5 |
| EL 3 | Parede Interior | mi | Reboco | 0,025 | 1800 | 153,45 | 300 | 1 | 28,3 75 | 4354,1 |
| | | | Tijolo furado | 0,09 | 705 | | | | | |
| | | | Reboco | 0,025 | 1800 | | | | | |
| | | | | | | | | | Tot al | 22288 ,6 |
| | | | | | | | | | Ap | 43,03 |
| Fraca | | It < 150 | | | | | | | | |
| Média | | 150 ≤ It < 400 | | | | | | | | |
| Forte | | It > 400 | | | | | | | | |
| Inércia Térmica | | | | | | | | | 517,97 | |

ANEXO III

LNEC - LISBOA

| | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|
|  LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL | | Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS | | Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lneec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013, Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12 | |
| 1. Enquadramento do edifício | | | | | |
| Tipo de edifício | | Habitação existente | | Área útil (m2): 43,0 | |
| Local (município) | | LISBOA | | Pd (m): 2,50 | |
| Região | | B | | N.º de pisos da fração: 1 | |
| Rugosidade | | 1 | | Velocidade vento: Defeito REH | |
| Altitude do local (m) | | 5 | | Vento (u10REH: 3,6) (m/s) | |
| Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach) | | 2 ou mais | | Vol (m3): 108 | |
| Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas? | | Não | | Texterior (°C): 11,2 | |
| Altura do edifício (H _{edif}) em m | | 3 | | Zref (m): 109 | |
| Altura da fração (H _{fra}) em m | | 3 | | Aenv/Au: 21% | |
| | | | | Proteção do edifício: Desprotegido | |
| | | | | Zona da fachada: Inferior | |
| 2. Permeabilidade ao ar da envolvente | | | | | |
| Foi medido valor n50 | | Não | | | |
| Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos: | | Janelas | | | |
| Área dos vãos (m2) | | 8,83 | | | |
| Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas) | | Sem classificação | | | |
| Permeabilidade ao ar das caixas de estore | | Não tem | | | |
| 3. Aberturas de admissão de ar na envolvente | | | | | |
| Tem aberturas de admissão de ar na envolvente | | Não | | | |
| Tipo de abertura | | | | | |
| Área livre das aberturas fixas (cm2) / | | | | | |
| Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h) | | | | | |
| 4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta | | | | | |
| Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta) | | Não | | Não | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Perda de carga | | | | | |
| Altura da conduta (m) | | | | | |
| Cobertura | | | | | |
| Número de condutas semelhantes | | | | | |
| 5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado | | | | | |
| Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax) | | Não | | | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Caudal nominal (m3/h) | | | | | |
| Conhece Pressão total do ventilador e rendimento | | | | | |
| Pressão total (Pa) | | | | | |
| Rendimento total do ventilador(%) | | | | | |
| Tem sistema de recuperação de calor | | | | | |
| Rendimento da recuperação de calor (%) | | | | | |
| 6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa) | | | | | |
| Existem meios híbridos | | Não | | | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Caudal nominal (m3/h) | | | | | |
| Conhece Pressão total do ventilador e rendimento | | | | | |
| Pressão total (Pa) | | | | | |
| Rendimento total do ventilador(%) | | | | | |
| 7. Verão - Recuperador de calor | | | | | |
| Existe by-pass ao recuperador de calor no verão | | | | | |
| 8. Resultados | | | | | |
| 8.1 - Balanço de Energia - Edifício | | | | | |
| R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento | | 0,53 | | ok | |
| R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento | | 0,60 | | | |
| W _{vm} (kWh) | | 0,0 | | | |
| 8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência | | | | | |
| R _{ph,i,REF} (h-1) | | 0,53 | | | |
| 8.3 - Caudal mínimo de ventilação | | | | | |
| R _{ph} estimada em condições nominais (h-1) | | 0,53 | | | |
| Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1) | | 0,40 | | | |
| Critério R _{ph} mínimo | | Satisfatório | | | |
| Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore. | | | | Técnico: _____ | |
| | | | | Data: 26/09/2020 | |

LNEC - PORTO

| | | | | | |
|---|----------------------|---|--------------|--|------------|
|  LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL | | Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS | | Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt | |
| | | | | Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013. | |
| Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12 | | | | | |
| 1. Enquadramento do edifício | | | | | |
| Tipo de edifício | Habituação existente | Área útil (m2): | 43,0 | | |
| Local (município) | PORTO | Pd (m): | 2,50 | | |
| Região | B | N.º de pisos da fração | 1 | | |
| Rugosidade | I | Velocidade vento | Defeito REH | | |
| Altitude do local (m) | 80 | Vento (u10REH: 3,6) (m/s) | | | |
| Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach) | 2 ou mais | Vol (m3): | 108 | | |
| Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas? | Não | Texteirió (°C) | 10,0 | | |
| Altura do edifício (H _{edif}) em m | 3 | Zref (m) | 94 | | |
| Altura da fração (H _{FA}) em m | 3 | Aenv/Au: | 21% | | |
| | | Proteção do edifício: | Desprotegido | | |
| | | Zona da fachada: | Inferior | | |
| 2. Permeabilidade ao ar da envolvente | | | | | |
| Foi medido valor n50 | Não | | | | |
| Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos: | Janelas | | | | |
| Área dos vãos (m2) | 8,83 | | | | |
| Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas) | Sem classificação | | | | |
| Permeabilidade ao ar das caixas de estore | Não tem | | | | |
| 3. Aberturas de admissão de ar na envolvente | | | | | |
| Tem aberturas de admissão de ar na envolvente | Não | | | | |
| Tipo de abertura | | | | | |
| Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h) | | | | | |
| 4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta | | | | | |
| Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta) | Não | Não | Não | Não | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Perda de carga | | | | | |
| Altura da conduta (m) | | | | | |
| Cobertura | | | | | |
| Número de condutas semelhantes | | | | | |
| 5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado | | | | | |
| Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax) | Não | | | | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Caudal nominal (m3/h) | | | | | |
| Conhece Pressão total do ventilador e rendimento | | | | | |
| Pressão total (Pa) | | | | | |
| Rendimento total do ventilador(%) | | | | | |
| Tem sistema de recuperação de calor | | | | | |
| Rendimento da recuperação de calor (%) | | | | | |
| 6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa) | | | | | |
| Existem meios híbridos | Não | | | | |
| Escoamento de ar | | | | | |
| Caudal nominal (m3/h) | | | | | |
| Conhece Pressão total do ventilador e rendimento | | | | | |
| Pressão total (Pa) | | | | | |
| Rendimento total do ventilador(%) | | | | | |
| 7. Verão - Recuperador de calor | | | | | |
| Existe by-pass ao recuperador de calor no verão | | | | | |
| 8. Resultados | | | | | |
| 8.1 - Balanço de Energia - Edifício | | | | | |
| R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento | 0,53 | | | | |
| R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento | 0,60 | | | | |
| W _{vm} (kWh) | 0,0 | | | | |
| 8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência | | | | | |
| R _{ph,i REF} (h-1) | 0,53 | | | | |
| 8.3 - Caudal mínimo de ventilação | | | | | |
| R _{ph} estimada em condições nominais (h-1) | 0,53 | | | | |
| Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1) | 0,40 | | | | |
| Critério R _{ph} mínimo | Satisfatório | | | | |
| Nota: No Cálculo de R _{ph} min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore. | | | | | |
| | | | | Técnico: | |
| | | | | Data: | 26/09/2020 |

ANEXO IV

RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO SE SISTEMA SOLAR TÉRMICO:
REQUISITOS MÍNIMOS REH - LISBOA

| Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH | | | | | | | | | | | | 1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-------------------|-----|-----|------------------------|-----|-----|-------------------------|-----|--------------|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sinópsis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Instalação em Av. Dom João II (Lisboa)</p> <p>3 coletores Padrão REH</p> <p>• painel com $1,95 \text{ m}^2$ (inclinação 35° e azimute 0°)</p> <p>• depósito de 120 l, modelo adequado (REH)</p> <p>Necessidades de energia: ACS regulamentar (RDH)</p> <p>Energia útil solicitada: $1,783 \text{ kWh}$</p> <p>- satelélitas por origem solar: 855 kWh 51% de fração solar</p> <p>- satelélitas pelo apoio: 867 kWh 49%</p> <p>Indicadores principais (sistema solar)</p> <p>rendimento: 40%</p> <p>produtividade: 469 kWh/m^2</p> <p>perdas: 38%</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Local e clima | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NUTS III: Grande Lisboa | | | Município: Lisboa | | | Local: Av. Dom João II | | | elevação: 5 m | | obscuro: 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obstruções do horizonte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| altura angular: ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| altura angular: ----- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Configuração do sistema solar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Sistema solar por medida, em circulação forçada, com $2,0 \text{ m}^2$ de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 120 litros, apoio de montagem em paralelo com controlo proporcional.</p> <p>Circuito primário com 13 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.</p> <p>Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m^3 por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.</p> <p>3 coletores de modelo Padrão REH.</p> <p>Características principais: área de abertura $0,65 \text{ m}^2$, coeficientes de perdas térmicas $a1 = 4,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $a2 = 0,014 \text{ W/m}^2\text{K}^2$, rendimento óptico = 73%.</p> <p>1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 120 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = $1,0 \text{ W/K}$, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.</p> <p>Apoio energético fornecido por sistema elétrico (E) com eficiência nominal 100%.</p> <p>Água quente distribuída por tubagens de calibre 28 mm isoladas por poliuretano com espessura 10 mm, com 20 m entre depósito e ponto de consumo.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidades de energia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Águas quentes sanitárias - padrão REH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| edifício: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Residência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nº frações desta tipologia: 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nº ocupantes por fração: 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| consumo diário por ocupante (litros): 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| temperaturas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| abastecimento de água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pretendida no consumo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>53</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>51</td> <td>50</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>50</td> <td>51</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>53</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | abastecimento de água | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 | 20 | 19 | 17 | 15 | 13 | pretendida no consumo | 53 | 52 | 52 | 51 | 50 | 49 | 49 | 50 | 51 | 52 | 52 | 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| abastecimento de água | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 | 20 | 19 | 17 | 15 | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pretendida no consumo | 53 | 52 | 52 | 51 | 50 | 49 | 49 | 50 | 51 | 52 | 52 | 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| energia diária | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>jan</th> <th>fev</th> <th>mar</th> <th>abr</th> <th>mai</th> <th>jun</th> <th>jul</th> <th>ago</th> <th>set</th> <th>out</th> <th>nov</th> <th>dez</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> <td>4,0</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | segunda-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | terça-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | quarta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | quinta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | sexta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | sábado | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | domingo | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| segunda-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| terça-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| quarta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| quinta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sexta-feira | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sábado | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| domingo | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| perfil de consumo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>40%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>10%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | (período diurno) | 40% | - | - | - | - | - | 10% | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (período diurno) | 40% | - | - | - | - | - | 10% | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| hora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>40%</td> <td>10%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | (período nocturno) | 40% | 10% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (período nocturno) | 40% | 10% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22/09/2020 16:06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| software SCE,ER - versão 1.5.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Licenciado a Teresa Neto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO SE SISTEMA SOLAR TÉRMICO: REQUISITOS MÍNIMOS REH - PORTO



| Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH | | | | | | | | | | | | 1/2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------------|--|--------------------|--|------|---|----------------|--|-----------------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|-----|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|------|--|---|--|
| Sinópio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalação em Rua da Real (Porto) 3 coletores Padrão REH + painéis com 1,785 m ² (inclinação 15° e azimute 0°) + depósito de 120 l, modelo adequado (REH) | | | Necessidades de energia ACS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 1.788 kWh - características por origem solar: 79% 100% 03% de fração solar - características pelo apoio: 99% 100% 03% | | | | Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 88% produtividade: 007 kWh/m ² perdas: 03% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Local e clima | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NUTS III: Grande Porto | | Município: Porto | | Local: Rua da Real | | | | elevação: 80 m | | obstruções: 03% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obstruções do horizonte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| azimute: | | E | | -85° | | -82° | | -75° | | -70° | | -65° | | -60° | | -55° | | -50° | | N/E | | -82° | | -81° | | -80° | | -75° | | -70° | | -65° | | -60° | | -55° | | -50° | | E | |
| altura angular: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| azimute: | | S | | 5° | | 10° | | 15° | | 20° | | 25° | | 30° | | 35° | | 40° | | N/O | | 50° | | 55° | | 60° | | 65° | | 70° | | 75° | | 80° | | 85° | | O | | | |
| altura angular: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Configuração do sistema solar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sistema solar par medido, em circulação forçada, com 2,8 m ² de coletores com inclinação 15° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 120 litros, apoio de montagem em paralelo com controlo proporcional. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Circuito primário com 18 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poluretano com 20 mm de espessura. Bombas de 20 W, garantindo um caudal nominal de 0,6 l/m ² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0,45 m ² , coeficientes de perdas térmicas α0 = 0,22 W/m ² °C e α1 = 0,001 W/m ² °C, rendimento óptico = 73%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 120 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 1,9 W/°C, paredes em EPS, temperatura máxima de operação 95°C. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apoio energético fornecido por sistema elétrico (E) com eficiência nominal 100%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Água quente distribuída por tubagens de calibre 28 mm isoladas por poluretano com espessura 20 mm, com 20 m entre depósito e ponto de consumo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidades de energia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Águas quentes sanitárias - padrão REH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| edifício: | | Residências | | | | T2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | nº frações desta tipologia | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | nº ocupantes por fração | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | consumo diário por ocupante (litros) | | | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| temperaturas | | | | jan | | fev | | mar | | abr | | mai | | jun | | jul | | ago | | set | | out | | nov | | dez | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | abastecimento de água | | 18 | | 18 | | 16 | | 15 | | 16 | | 18 | | 20 | | 20 | | 19 | | 17 | | 16 | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | pretendida no consumo | | 18 | | 17 | | 17 | | 16 | | 16 | | 18 | | 19 | | 19 | | 18 | | 16 | | 15 | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| energia diária | | | | jan | | fev | | mar | | abr | | mai | | jun | | jul | | ago | | set | | out | | nov | | dez | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | segunda-feira | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | terça-feira | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | quarta-feira | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | quinta-feira | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | sexta-feira | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | sábado | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | domingo | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| perfil de consumo | | | | hora | | 7 | | 8 | | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 15 | | 16 | | 17 | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | (período diurno) | | 00% | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | hora | | 19 | | 20 | | 21 | | 22 | | 23 | | 24 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | (período nocturno) | | 00% | | 00% | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | - | | | | | | | | | | | | | | | | | |