



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

RAFAEL LUCIAN MARTINS DE LIMA

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO REGULAMENTO DE
DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) EM
DIFERENTES LOCALIZAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Recife
2021

RAFAEL LUCIAN MARTINS DE LIMA

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO REGULAMENTO DE
DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) EM
DIFERENTES LOCALIZAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Engenharia de software e linguagem de programação

Orientador: Prof.Dr.Ricardo Massa Ferreira Lima

Recife

2021

Catálogo na fonte
Bibliotecário Cristiano Cosme S. dos Anjos, CRB4-2290

L732m Lima, Rafael Lucian Martins de
 Método para avaliação da aplicação do regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH) em diferentes localizações geográficas/ Rafael Lucian Martins de Lima. – 2021.
 153 f.: il., fig., tab.

 Orientador: Ricardo Massa Ferreira Lima.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife, 2021.
 Inclui referências e apêndices.

 1. Engenharia de Software e Linguagens de Programação. 2. Eficiência energética. 3. Sistema de avaliação. 4. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). I. Lima, Ricardo Massa Ferreira (orientador). II. Título.

 005.1 CDD (23. ed.) UFPE - CCEN 2021 – 113

RAFAEL LUCIAN MARTINS DE LIMA

**“MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO REGULAMENTO DE
DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) EM
DIFERENTES LOCALIZAÇÕES GEOGRÁFICAS”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovado em: 08/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Abel Guilhermino da Silva Filho
Centro de Informática / UFPE

Prof. Dr. Meuse Nogueira de Oliveira Junior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco / IFPE

Prof. Dr. Ricardo Massa Ferreira Lima
Centro de Informática / UFPE
(Orientador)

Dedico este trabalho a minha esposa que foi meu porto seguro perante as dificuldades durante este percurso.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço primeiro a Deus por me guiar nos momentos mais difíceis;
- À minha esposa, pelo amor, incentivo e compreensão que me passou durante todo esse período;
- Ao Professor Ricardo Massa, pela orientação, apoio, estímulos e dedicação em sua orientação;
- Ao Professor Daniel, por toda ajuda técnica fornecida;
- Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFPE pela oportunidade e por oferecer condições para o desenvolvimento desta dissertação;
- A FACEPE pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

RESUMO

Eficiência energética das residências é um tema de bastante importância em diversos países. A sua modelagem tem a função de estabelecer a melhor estrutura de consumo de energia para países desenvolvidos ou ainda em desenvolvimento (POPKOVA; SERGI, 2021). O melhor meio de medir essa eficiência é o cálculo através das normas disponibilizadas por cada país. O presente trabalho de pesquisa pretende calcular a eficiência energética através de um sistema avaliação, de uma residência modelo em diferentes concelhos de Portugal e avaliar as normas de Portugal referente a eficiência. O Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios Habitacionais traz um conjunto de normas e coeficientes de referência que ajudam a criar valores mínimos admissíveis para alcançar uma boa eficiência segundo a norma. A criação de um sistema de avaliação teve como objetivo automatizar a realização dos cálculos de eficiência energética e acelerar o processo de obtenção da etiqueta energética, mas também será usado como um meio de avaliar as normas. Esse sistema recebe um arquivo de texto de entrada e retorna outro arquivo de texto com a eficiência energética calculada e a sua respectiva etiqueta. A residência idealizada foi utilizada em cinco concelhos diferentes de Portugal e sua eficiência foi calculada para verificar se apenas utilizando os valores de referência ótimos sugeridos pelas normas, a residência consegue ter uma boa classificação energética em todos os concelhos de Portugal avaliados. Essa classe energética pode variar de A+ até F, sendo A+ a melhor classe possível e F a pior, segundo a norma. Fatores como necessidades de energia para arrefecer ou aquecer o ambiente, mas também para produção de água quente sanitária influenciam a obtenção da etiqueta. O estudo de caso realizado nesta dissertação demonstrou que, mesmo utilizando os valores de referência para o coeficiente de transmissão térmica, a residência modelo não obteve a maior classificação energética. Tal resultado permite concluir que, para obter uma melhor eficiência energética, outros fatores devem ser considerados como, por exemplo, as condições climáticas de cada concelho e a orientação solar da construção.

Palavras-chaves: Eficiência energética; Sistema de avaliação; Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

ABSTRACT

Household energy efficiency is a topic of great importance in several countries. Its modeling has the function of establishing the best energy consumption structure for developed or developing countries (POPKOVA; SERGI, 2021). The best way to measure this efficiency is to calculate it using the standards made available by each country. The present research work intends to calculate the energy efficiency through an evaluation system, of a model residence in different counties of Portugal and to evaluate the norms of Portugal regarding efficiency. The Energy Performance Regulation of Residential Buildings provides a set of standards and reference coefficients that help to create minimum allowable values to achieve good efficiency according to the standard. The creation of an evaluation system aimed to automate the performance of energy efficiency calculations and speed up the process of obtaining the energy label, but it will also be used as a means of evaluating the standards. This system receives an input text file and returns another text file with the calculated energy efficiency and its respective label. The idealized residence was used in five different municipalities in Portugal and its efficiency was calculated to verify that only using the optimum reference values suggested by the standards, the residence manages to have a good energy rating in all the municipalities in Portugal evaluated. This energy class can vary from A + to F, with A + being the best possible class and F the worst, according to the norm. Factors such as energy requirements to cool or heat the environment, but also for the production of domestic hot water, influence the obtaining of the label. The case study carried out in this dissertation demonstrated that, even using the reference values for the thermal transmission coefficient, the model residence did not obtain the highest energy rating. This result allows us to conclude that, in order to obtain a better energy efficiency, other factors must be considered, for example, the climatic conditions of each municipality and the solar orientation of the construction.

Keywords: Energy efficiency; Evaluation system; Regulation of Energy Performance of Residential Buildings (REH).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sentido do Fluxo de Calor	16
Figura 2 – Consumo de Energia na União Europeia	23
Figura 3 – Consumo Final de Energia na UE por setor 2011	23
Figura 4 – Evolução de Energia Final e Primária KTEP	24
Figura 5 – Consumo de energia final por setor dos anos de 2008 e 2018	25
Figura 6 – Utilização da energia	25
Figura 7 – Preocupação dos habitantes	26
Figura 8 – Medidas tomadas para melhorar a eficiência energética	26
Figura 9 – Zonas climáticas de inverno e verão segundo o REH	29
Figura 10 – Importação do flask	43
Figura 11 – Fluxograma do processo	44
Figura 12 – Lendo o arquivo json de entrada	45
Figura 13 – Exemplo de dados de entrada	45
Figura 14 – Cálculo para Hext	46
Figura 15 – Classificação no sistema	47
Figura 16 – Gerando o arquivo json de saída	47
Figura 17 – Exemplo de dados de saída	48
Figura 18 – Residência modelo	49
Figura 19 – Planta baixa da residência unifamiliar	53
Figura 20 – Vista de perspectiva	54
Figura 21 – Vista frontal (Sul)	54
Figura 22 – Vista lateral (Leste)	54
Figura 23 – Vista lateral (Norte)	55
Figura 24 – Vista lateral (Oeste)	55
Figura 25 – Área útil do pavimento	58
Figura 26 – Envolventes	60
Figura 27 – Esquema representativo do efeito de inércia térmica	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios GD para as zonas climáticas de inverno	30
Tabela 2 – Critérios para as zonas climáticas de verão	30
Tabela 3 – Classe energética de referência	41
Tabela 4 – Dados climáticos do local	48
Tabela 5 – Comparação entre os resultados para validar	51
Tabela 6 – Grande Porto (caso 1)	55
Tabela 7 – Minho-Lima (Caso 2)	56
Tabela 8 – Serra da Estrela (Caso 3)	56
Tabela 9 – Região Autónoma Madeira (Caso 4)	57
Tabela 10 – Lezíria do Tejo (Caso 5)	57
Tabela 11 – Área útil de pavimento	58
Tabela 12 – Envidraçados exteriores	59
Tabela 13 – Paredes exteriores	59
Tabela 14 – Coeficiente de redução de perdas	61
Tabela 15 – Coeficientes de Transmissão Térmica de referência	62
Tabela 16 – Coeficientes de Transmissão Térmica linear de referência	63
Tabela 17 – Extensão dos elementos	63
Tabela 18 – Fatores solares dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento . . .	65
Tabela 19 – Fator de obstrução da radiação solar	66
Tabela 20 – Resultados do concelho de Grande Porto	68
Tabela 21 – Resultados do concelho de Minho-Lima	69
Tabela 22 – Resultados do concelho de Serra da Estrela	70
Tabela 23 – Resultados do concelho da Região Autónoma Madeira	70
Tabela 24 – Resultados do concelho de Lezíria do Tejo	71

LISTA DE SÍMBOLOS

∞	Infinito
δ	Delta
θ	Teta
σ	Sigma
ϵ	Epsilon
Σ	Somatório
α	Alfa
ψ	Psi

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	MOTIVAÇÃO E CONTEXTO	14
1.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1.2.1	Transferência de calor	15
1.2.1.1	<i>Condução térmica</i>	15
1.2.1.2	<i>Convecção térmica</i>	16
1.2.1.3	<i>Radiação</i>	17
1.2.2	Sistemas co-relatos	17
1.2.3	Eficiência energética	18
1.3	OBJETIVO GERAL	20
1.3.1	Objetivos específicos	20
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTOS	22
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA UNIÃO EUROPEIA	22
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PORTUGAL	24
2.3	LEGISLAÇÃO	26
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
3	METODOLOGIA DE CÁLCULO SEGUNDO O REH	29
3.1	ZONAS CLIMÁTICAS	29
3.2	NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	30
3.2.1	Cálculo da transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios	31
3.2.1.1	<i>Coeficiente global de transferência de calor por transmissão</i>	31
3.2.2	Cálculo da transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento	32
3.2.3	Ganhos térmicos úteis	32
3.2.4	Cálculo para o valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento	34
3.3	NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO	35
3.3.1	Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento	35
3.3.2	Cálculo para o valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento	37
3.4	PREPARAÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)	38
3.5	CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA	39

3.6	CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA QUE CORRESPONDE AO VALOR LIMITE REGULAMENTAR	40
3.7	DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA	41
3.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
4	SISTEMA DE AVALIAÇÃO PARA O CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUA VALIDAÇÃO	43
4.1	SISTEMA DE AVALIAÇÃO	43
4.2	VALIDAÇÃO	48
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5	ESTUDOS DE CASOS	52
5.1	APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	52
5.2	ESTRUTURA ARQUITETÔNICA DA RESIDÊNCIA	52
5.3	CONCELHOS SELECIONADOS PARA CADA ESTUDO DE CASO	55
5.4	LEVANTAMENTO DIMENSIONAL E CÁLCULOS DOS PARÂMETROS	57
5.4.1	Levantamento	57
5.4.2	Envolventes e parâmetros térmicos	59
5.4.2.1	<i>Envolvente exterior e interior</i>	59
5.4.2.2	<i>Coeficiente de redução de perdas</i>	60
5.4.2.3	<i>Coeficiente de transmissão térmica (U)</i>	61
5.4.2.4	<i>Pontes térmicas</i>	62
5.4.2.5	<i>Inércia térmica</i>	63
5.4.2.6	<i>Fator solar dos vãos envidraçados</i>	64
5.4.2.7	<i>Fator de obstrução da radiação solar</i>	65
5.4.2.8	<i>Fração envidraçada</i>	66
5.4.2.9	<i>Sistemas técnicos</i>	67
6	RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6.1	CONCELHO DE GRANDE PORTO	68
6.2	CONCELHO DE MINHO-LIMA	68
6.3	CONCELHO DE SERRA DA ESTRELA	69
6.4	CONCELHO DE REGIÃO AUTÔNOMA MADEIRA	70
6.5	CONCELHO DE LEZÍRIA DO TEJO	71
6.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
7.1	CONCLUSÕES	73
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
	REFERÊNCIAS	75
	APÊNDICE A – CÓDIGO PYTHON PARA O CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	79

APÊNDICE B – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O	
CÓDIGO - CASO 1	94
APÊNDICE C – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O	
CÓDIGO - CASO 2	106
APÊNDICE D – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O	
CÓDIGO - CASO 3	118
APÊNDICE E – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O	
CÓDIGO - CASO 4	130
APÊNDICE F – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O	
CÓDIGO - CASO 5	142

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E CONTEXTO

O tema eficiência energética está em alta a todo momento e está ligado diretamente ao aquecimento global que é uma preocupação constante de todos os países. No Brasil o cálculo de eficiência energética está voltado mais para os equipamentos eletrônicos e muito pouco para edificações, mas mesmo assim ainda existe uma preocupação com a emissão de CO_2 . Países Europeus estão mais avançado com relação a este tema e já possuem uma legislação que pode ser analisada. O foco desta dissertação será avaliar as normas de Portugal voltadas para eficiência energética de edificações, já que são fatores que acabam sendo levados em conta na hora de construir, reformar, comprar e até vender os imóveis no local.

Quando se pensa em consumo energético, lembra-se logo dos equipamentos utilizados para tornar a vida mais prazerosa e mais fácil como, por exemplo, o celular, que torna possível a comunicação com pessoas de diversos lugares do mundo. Também é comum pensar nos equipamentos, ar condicionado que mantém o ambiente em uma temperatura agradável para conviver, trabalhar, relacionar-se com as pessoas. Ou mesmo as geladeiras, que mantêm os alimentos conservados por um período de tempo maior.

Todos esses equipamentos necessitam de energia para seu funcionamento, mostrando assim como ela é fundamental na vida das pessoas. Na União Europeia (EU) os edifícios são responsáveis por grande parte do consumo de energia, sobretudo, para climatização, iluminação, aquecimentos das casas e produção de água quente (MALINOVSKI, 2015). Esse é um dos motivos pelo qual, ao longo dos anos, observa-se um grande esforço para a melhoria no desempenho energético dos edifícios, baixando assim o consumo de energia.

Como os edifícios são grandes consumidores de energia, eles são responsáveis por 36 % da emissão de CO_2 da União Europeia e, sabendo que a atividade humana é responsável pela sua liberação na atmosfera, melhorias na eficiência energética dos edifícios existentes tem potencial para reduzir a emissão de CO_2 de 5 % para 6 % do consumo total de energia da EU (Comissão Europeia, 2019).

Portugal assumiu o compromisso de aumentar a eficiência energética, criando condições favoráveis para o consumidor, definindo condições de conforto térmico, considerando o menor consumo energético possível. Para os edifícios novos, Portugal deve elaborar um plano com exigências mais rígidas em relação a infraestrutura energética dessas edificações, para que sejam construídos com necessidades reduzidas de energia e reabilitar os edifícios existentes para diminuir o consumo de energia (Portugal Energia, 2017).

De acordo com Marchais (2011), a eficiência energética pode ser classificada em passiva, que diz respeito à envolvente do edifício, e que também pode ser definida como a adoção de medidas para evitar perdas térmicas, e a ativa, que abrangem o modo como os

equipamentos e o edifício utilizam a energia. Por isso, a energia de climatização gasta em um edifício pode ser reduzida com boas práticas que são: sua arquitetura e a localização, pensando que no inverno não deve existir uma necessidade grande de aquecimento e nem no verão uma necessidade grande de resfriamento.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho se insere no âmbito da análise do cálculo da eficiência energética residencial portuguesa. Esta seção aborda uma explicação de como as transferências de calor podem ocorrer e os estudos recentes sobre o tema de eficiência energética, com o intuito de compreender o estado da arte sobre o assunto.

1.2.1 Transferência de calor

1.2.1.1 Condução térmica

É a transferência de energia que ocorre por meio material quando existe uma diferença de temperatura, mas sem a transferência de matéria. O calor flui do corpo com temperatura mais alta para o corpo com temperatura mais baixa. A capacidade do corpo de conduzir esse calor é conhecida com condutividade térmica e varia consideravelmente de material para material (INCROPERA; DEWITT, 2008). A condução é regida pela lei de Fourier representada pela Equação 1.1:

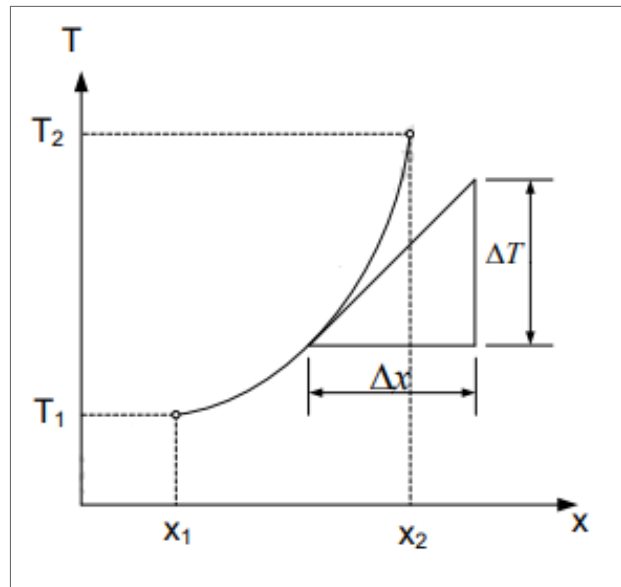
$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1.1)$$

Onde:

- q_x é o fluxo de calor (W);
- k é a condutividade térmica (W/m°C);
- A é a área perpendicular à direção do fluxo (m²);
- (dT/dx) é o gradiente de temperatura que existe nessa mesma direção (°C).

O uso do sinal negativo é necessário para representar o fluxo da região de maior temperatura para a região de menor temperatura, estando no sentido contrário da orientação de x . A Figura 1 representa o sentido do fluxo:

Figura 1 – Sentido do Fluxo de Calor



Fonte: (MOREIRA, 2012)

1.2.1.2 Convecção térmica

É a transferência de calor que ocorre entre um sólido e um fluido em movimento, quando se encontram com temperaturas diferentes. A convecção pode ser classificada em convecção natural ou forçada. Quando o escoamento é causado por meios externos como ventilador, uma bomba, a convecção é considerada forçada. Porém, quando o escoamento é conduzido por forças de empuxo que são ocasionados por diferenças de densidades, causadas por variações de temperaturas, a convecção é considerada livre ou natural (INCROPERA; DEWITT, 2008). A convecção, independente das características do processo, é baseada na Lei de resfriamento de Newton representada pela Equação 1.2:

$$q = h(T_s - T_\infty) \quad (1.2)$$

Onde:

- q_x é o fluxo de calor (W/m^2);
- h é o coeficiente de transferência de calor por convecção ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);
- T_s é a temperatura da superfície (K);
- T_∞ é a temperatura do fluido ao longe (K).

O coeficiente h depende das condições da camada limite a qual, por sua vez, são influenciadas pela geometria da superfície, pela natureza do movimento do fluido e por uma série de propriedades termodinâmicas e de transferência de fluido.

1.2.1.3 Radiação

É a energia emitida pela matéria sob a forma de onda que se encontra a uma temperatura finita (INCROPERA; DEWITT, 2008). É regida pela lei de *Stefan – Boltzman*. Para um corpo negro é dada pela Equação 1.3:

$$q = \sigma AT^4 \quad (1.3)$$

Onde:

- q é a radiação térmica para um corpo negro (W);
- $\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{k}^4\text{)}$ é a constante de *Stefan – Boltzman*;
- T é a temperatura absoluta (K).

Para corpos reais (cinzentos) a radiação é dada pela Equação 1.4:

$$q = \epsilon \sigma AT^4 \quad (1.4)$$

Onde:

- q é a radiação térmica para corpos reais (W);
- $\sigma = 5.669 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{k}^4\text{)}$ é a constante de *Stefan – Boltzman*;
- ϵ é a emissividade da superfície do corpo que sempre é menor ou igual a 1;
- T é a temperatura absoluta (K).

1.2.2 Sistemas co-relatos

EnergyPlus é um programa computacional gratuito, de código aberto, para simulação de carga térmica e análise energética de edifícios (Departamento de Energia dos Estados Unidos, 2021). Foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos com a colaboração de outros laboratórios e é um programa baseado em console que lê a entrada e grava a saída em arquivos de texto. Entretanto, o *EnergyPlus* não possui uma interface amigável, por isso que foi desenvolvido o *DesignBuilder* que é um *software* integrado ao *EnergyPlus*. O *DesignBuilder* é utilizado para a construção do modelo, já que possui uma biblioteca com os materiais de construções, caixilharia e persianas. A partir do modelo construído o *EnergyPlus* calcula o consumo de energia. Além disso, o *EnergyPlus* integra vários módulos que são usados para simular o edifício e os sistemas associados em diferentes condições ambientais e operacionais.

Domus é o primeiro *software* nacional de simulação higrotérmica e energética de edificações que foi desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. A simulação higrotérmica busca a melhor eficiência garantindo sempre o conforto do usuário final. O *software* possui uma interface de fácil uso, permitindo que diversos profissionais da área de energia possam avaliar, de forma simples, o consumo de energia e a redução desperdícios. Esse *software* fornece "perfis de temperatura e umidade nas paredes para qualquer intervalo de tempo, além de apresentar valores de temperatura e umidade relativa para cada zona de uma ou mais edificações, considerando não apenas o transporte de calor, mas, também, de vapor e de líquido através do envoltório da edificação" (PROCEL EDIFICA, 2012).

Os dois *software* apresentados acima são simuladores que seguem as normas dos seus respectivos locais. *EnergyPlus* utiliza as normas Americanas e o Domus segue os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O sistema desenvolvido nesta dissertação, diferente dos sistemas acima, não será um simulador, mas sim um avaliador, já que o mesmo não realiza uma reparametrização dinâmica dos dados de entrada. Além disso, ele seguirá as normas de Portugal.

1.2.3 Eficiência energética

Devido às preocupações com o consumo de energia e a emissão de CO_2 na atmosfera, foram criadas diretivas e leis para medir a eficiência energética dos edifícios e casas na Europa. Essas diretivas e leis levam em consideração todos itens que podem aumentar ou diminuir o consumo energético. Nos estudos de Araújo, Almeida e Bragança (2013), Aktemur e Atikol (2017) e Stazi et al. (2015) que serão abordados a seguir foram apresentados alguns dos principais fatores que afetam esse consumo.

Araújo, Almeida e Bragança (2013) realizaram o estudo de uma residência localizada no norte de Portugal que utilizou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e o EPBD, que é uma diretiva de desempenho energético voltada para edifícios. Para mais informações sobre o regulamento e a diretiva, consultar a Seção 2.3.

Com a análise feita nessa unidade familiar isolada e constituída de quatro quartos e uma área de 271,57 m², foi observado que o parâmetro com maior influência no consumo de energia primária é a preparação de água quente sanitária (AQS). Além disso, observa-se uma grande ênfase nos sistemas de refrigeração e aquecimento em detrimento do conforto dos habitantes. Para que a casa tenha uma boa eficiência energética, é necessário que esses sistemas sejam eficientes (ARAÚJO; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2013).

Segundo os autores Aktemur e Atikol (2017), o isolamento é uma fator que tem grande influência no custo final de uma residência. Quanto mais material de isolamento a habita-

ção possuir, mais caro será o custo de construção. Ele melhora a resistência e a longevidade da habitação, reduzindo o consumo de energia, resultando assim, em melhorias no uso da energia. Além disso, tem grande influência no coeficiente de transmissão térmica. Por isso, que a escolha de materiais leva em conta vários fatores como, por exemplo, temperatura média do ar externo e condutividade térmica da edificação. Sabe-se que existe uma espessura ótima de isolamento, que é baseado em duas questões principais: uso de energia e meio ambiente (AKTEMUR; ATIKOL, 2017).

De acordo com Stazi et al. (2015), a melhor solução de isolamento para o verão pode ser a pior solução para o inverno. Então, para que se obtenha um melhor resultado, é preciso identificar medidas de isolamento que conservem o comportamento dinâmico da massa. No estudo realizado sobre o comportamento de duas paredes com inércias térmicas diferentes, pelos autores Stazi et al. (2015) , foi possível demonstrar que a ventilação natural reduz o superaquecimento nas paredes. Assim, a solução desenvolveu um isolamento que pode ser alternativamente selado no inverno e ventilado no verão.

A redução dos impactos com o consumo de energia pode ser classificado como passivo. A classificação passiva trata de conceitos bioclimáticos e ecológicos que, quando utilizados de maneira correta, podem reduzir significativamente o consumo de energia. Em Portugal, estima-se que uma casa passiva, que é uma casa que demanda pouca eletricidade para aquecimento ou resfriamento de ambientes, possa reduzir seu consumo de energia em até 90 %. Em Ferreira e Pinheiro (2011) foi realizada uma análise de um edifício HEXA, que representa bem as práticas de projeto e construções portuguesas, utilizando o EPBD, RCCTE e o software de simulação *EnergyPlus*. Ao final, os resultados foram comparados com os obtidos pelas normas com o de simulação.

Pode ser observado que, como as metodologias de cálculos das normas são diferentes do *software* de simulação, podem existir pequenos desvios nos resultados obtidos. Uma das diferenças é que os ganhos solares no inverno não são considerados nas normas, mas o *EnergyPlus* o considera. Mesmo assim quando comparados os resultados de simulação com os das normas, os valores são uma estimativa adequada, a depender da região analisada do edifício. Isso ocorre porque que esses ganhos solares são valores próximos de zero no inverno, tornando essa diferença do *software* de simulação para norma apenas uma questão de aproximação.

A preocupação com a eficiência energética não é apenas com os edifícios novos. Os antigos também são foco de atenção com vistas a promover melhorias em sua infraestrutura energética. Construções com diferenças de 130 anos apresentam variações construtivas, no uso dos espaços, na iluminação, como no caso estudado em Nunes, Lerer e Carrilho Da Graça (2013), que realiza uma comparação entre o edifício histórico da Câmara Municipal de Lisboa e um edifício contemporâneo com áreas úteis não muito diferentes.

Edifícios mais novos possuem mais equipamentos eletrônicos, mas, por outro lado, a energia gasta com a iluminação em edifícios mais antigos é maior. Essas diferenças se

devem a diferentes estratégias de gerenciamento e uso do espaço, ocasionando assim um consumo diferente de energia e o uma baixa eficiência energética (NUNES; LERER; Carrilho Da Graça, 2013).

Para se conseguir uma boa eficiência energética, não se pode esquecer do desempenho ambiental. De acordo com Fouda e Melikyan (2010), a legislação portuguesa pode ser considerada consistente em termos de eficiência energética e desempenho ambiental, levando em conta as categorias de danos à saúde humana ou qualidade do ecossistema, ou a categoria impacto. Essa eficiência depende do sistema convencional de aquecimento, resfriamento e água quente sanitária escolhida.

1.3 OBJETIVO GERAL

Esta dissertação tem como finalidade avaliar a norma de Portugal, referente a eficiência energética, e demonstrar que mesmo seguindo as recomendações desta norma para a construção de uma residência idealizada, a residência não conseguirá obter o selo A de eficiência energética, independente do concelho aonde ela se localiza.

1.3.1 Objetivos específicos

- a) Criação de um sistema de avaliação para o cálculo da eficiência energética segundo o Regulamento de Desempenho Energético e validação.
- b) Avaliação da eficiência energética da residência em diferentes concelhos de Portugal.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado da forma seguinte: uma Introdução, já apresentada e pelos capítulos descritos a seguir:

O Capítulo 2, Fundamentos, apresentará uma descrição sobre a eficiência energética na União Europeia como também a eficiência energética em Portugal. Além disso, é realizada uma breve descrição da evolução da legislação que envolve a eficiência energética em Portugal.

O Capítulo 3, Metodologia de cálculo segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), apresentará uma descrição sobre a formulação numérica utilizada para calcular a eficiência segundo o Regulamento Energético.

O Capítulo 4, Código para o cálculo da eficiência energética e validação, apresentará uma breve descrição do código do sistema de avaliação escrito em *python* e o método usado para a sua validação.

O Capítulo 5, Estudo de casos e resultados, apresentará a residência usada no estudo de caso e suas características como as dimensões, quantidades de cômodos, forma e os resultados obtidos depois dos cálculos.

O Capítulo 6, Conclusões e trabalhos futuros, apresentará as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas e os apêndices que complementam os assuntos abordados neste trabalho.

2 FUNDAMENTOS

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA UNIÃO EUROPEIA

A redução do consumo energético é uma preocupação Europeia. Os Europeus gastam em média 90 % do tempo em prédios e a maioria das pessoas está morando em cidades, onde os edifícios em sua essência tem uma grande influência na sua qualidade de vida. O consumo de energia de apenas um edifício tem impacto insignificativo, mas, considerando o consumo coletivo de mais de 200 milhões de edifícios na União Europeia (UE), esse valor representa 40 % do total de requisitos da UE e é responsável por mais de dois terços das emissões de gases de efeito estufa (STANIASZEK, 2014). Na verdade, 97 % dos edifícios não atendem aos requisitos de eficiência (BPIE, 2017).

O Decreto-Lei n.º 68-A/2015 define políticas públicas para reduzir a emissão de gases com efeito de estufa em 20 % dos Estados Membros da UE até 2020 e aumentar em igual proporção as fontes de energias renováveis para alcançar a meta de 20 % estabelecida para eficiência energética. Esta preocupação com o efeito estufa é causada pelo seu consequente impacto no aquecimento global.

Como a maioria das construções na UE são de edifícios construídos sem qualquer preocupação com o desempenho energético, é preciso se definir estratégias de renovação, com o objetivo de reduzir o consumo de energia sem comprometer a saúde e o bem-estar das pessoas. A renovação deve ser vista como uma oportunidade de melhorar o ar interno e a qualidade de vida dos ocupantes.

A renovação não é só feita em edifícios habitacionais. A partir de 1 de Janeiro de 2014, 3 % da superfície total dos edifícios ocupados pelo governo central dos Estados Membros da EU deve ser renovada a cada ano para atender pelo menos o mínimo de requisitos de desempenho energético (STANIASZEK, 2014).

Alguns fatores que podem aumentar o consumo energético dos edifícios antigos são:

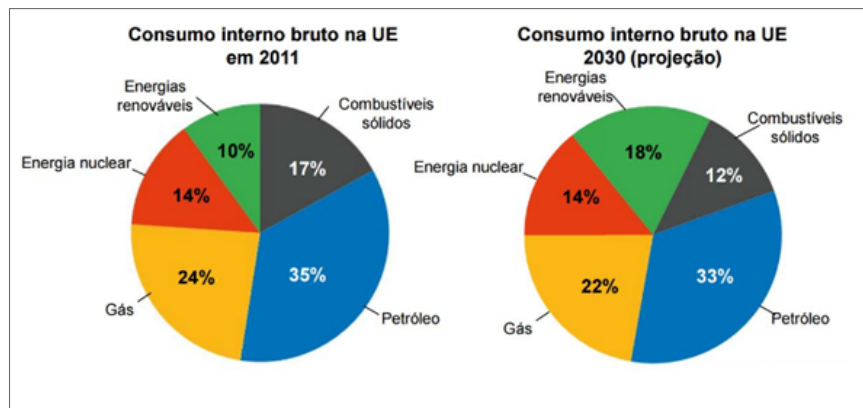
- baixo isolamento térmico nos elementos opacos;
- falta de isolamento nas portas, paredes, vãos envidraçados, ocasionando o aquecimento do edifício em dias mais quentes e resfriamento em dias mais frios tornando a habitação bastante incomoda;
- baixa ventilação natural;
- presença de umidade.

De acordo com Staniaszek (2014), as habilidades de aprendizagem das crianças podem ser melhoradas em até 15 % quando o clima do ambiente térmico é agradável. Alunos com

mais luz natural em suas salas de aula, conseguem progredir 20 % mais rápidos nos testes de matemática e 26 % nos testes de leitura.

Através da Figura 2 pode-se observar o consumo da energia na EU e a projeção para aumentar o consumo de energias renováveis, já que, comparadas com os combustíveis fósseis, elas são inesgotáveis uma vez que podem se renovar a todo momento e são encontradas na natureza em grande quantidade.

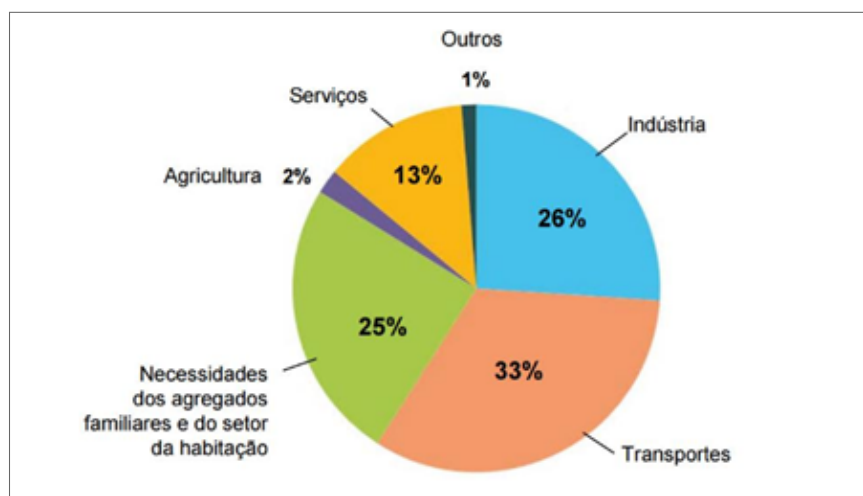
Figura 2 – Consumo de Energia na União Europeia



Fonte: (MALINOVSKI, 2015)

O setor habitacional consome 25 % das energias na EU como pode ser visto na Figura 3. Porém, de acordo com o Decreto-Lei n.º 68-A/2015 uma grande parte do consumo pode ser reduzido aplicando o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) que tem o objetivo de reduzir o consumo de energia primária, melhorando assim a eficiência energética.

Figura 3 – Consumo Final de Energia na UE por setor 2011



Fonte: (MALINOVSKI, 2015)

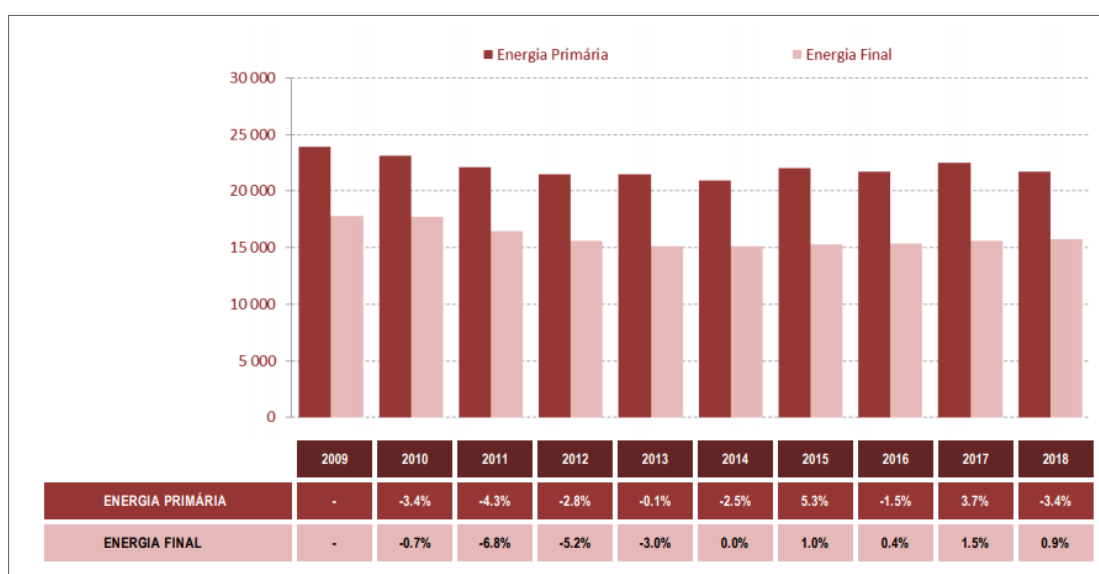
O PNAEE é um relatório que tem como obrigação apresentar à Comissão Europeia, nos termos do n.º 2 do artigo 24.º e Anexo XIV da Diretiva de Eficiência Energética (EED,

2012/27/EU), medidas significativas de melhoria da eficiência energética e das economias de energia esperadas e/ou realizadas. Ele abrange seis áreas que são: transporte, residencial e serviços, indústria, estado, comportamento e agricultura. Através dessas áreas, metas são impostas para a reduzir o consumo de energia (Parlamento Europeu, 2006).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PORTUGAL

De acordo com a Direção-Geral de Energia e Geologia (2018), em Portugal o consumo de energia primária, que é a energia disponível na natureza na sua forma direta, como petróleo, carvão mineral, lenha e outros, em 2018 teve uma redução de 3.4 % comparada com a do ano anterior, devido ao fato da produção hidrelétrica ter sido 80 % maior em 2018. Mas, em contra partida, o consumo de energia final, que é a energia tal como é recebida pelo usuário nos diferentes setores, por exemplo, gasolina e eletricidade, do ano de 2018 foi 1 % maior do que a do ano de 2017, como pode ser visto na Figura 4.

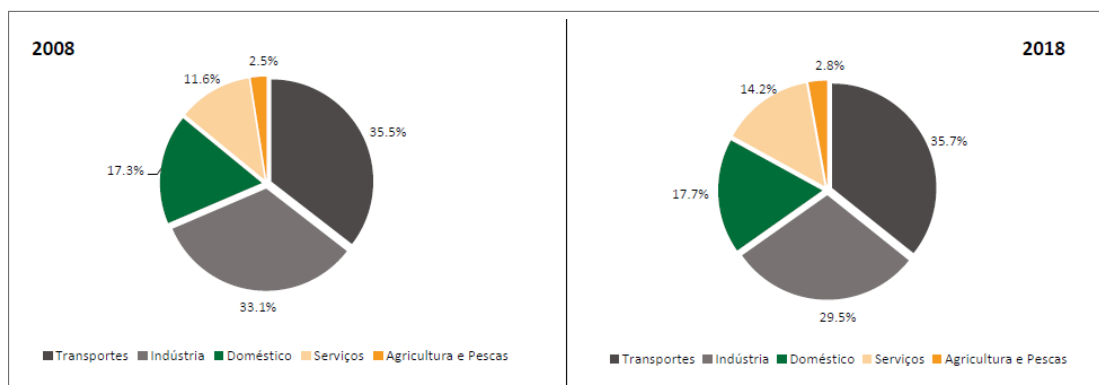
Figura 4 – Evolução de Energia Final e Primária KTEP



Fonte: (Direção-Geral de Energia e Geologia, 2018)

Através da Figura 5 pode-se perceber que em 2018 o setor industrial e o de transporte continuam sendo os grandes consumidores de energia final e, comparando com o gráfico de 2008, é notável que não houve muita mudança.

Figura 5 – Consumo de energia final por setor dos anos de 2008 e 2018

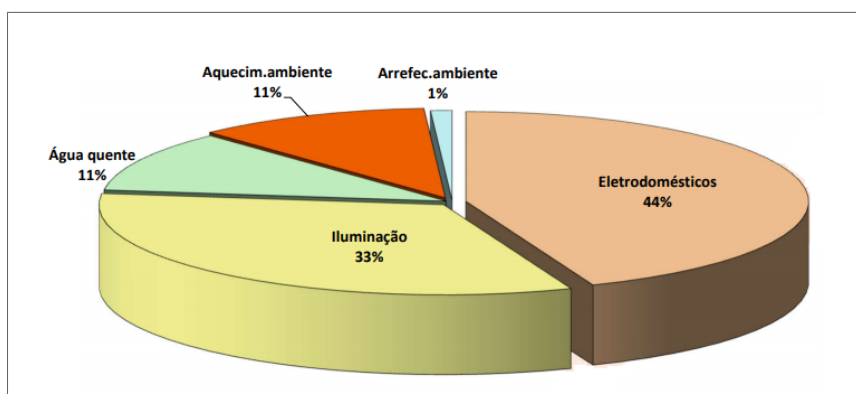


Fonte: (Direção-Geral de Energia e Geologia, 2020)

O número de edifícios com classificação energética em Portugal está em quase 1,5 milhões. Tal classificação auxilia os donos desses imóveis a saberem onde podem melhorar a sua eficiência energética. Além disso, essa informação é um valioso instrumento para avaliação de preço para os compradores desses imóveis, forçando seus donos a buscarem melhorar a eficiência energética na busca de valorização de suas propriedades (ADENE, 2017).

Para que os imóveis recebam uma classificação boa, é necessário um investimento inicial, que às vezes é elevado, e que os resultados desse investimento tenham efeitos de longo prazo. Alguns hábitos que causam o aumento de consumo de energia podem ser sazonais como o aquecimento ou o arrefecimento do ambiente, mas os gastos essenciais, e na maioria das situações permanentes, são com a iluminação e a utilização de eletrodomésticos que não se pode abdicar, como pode ser visto na Figura 6.

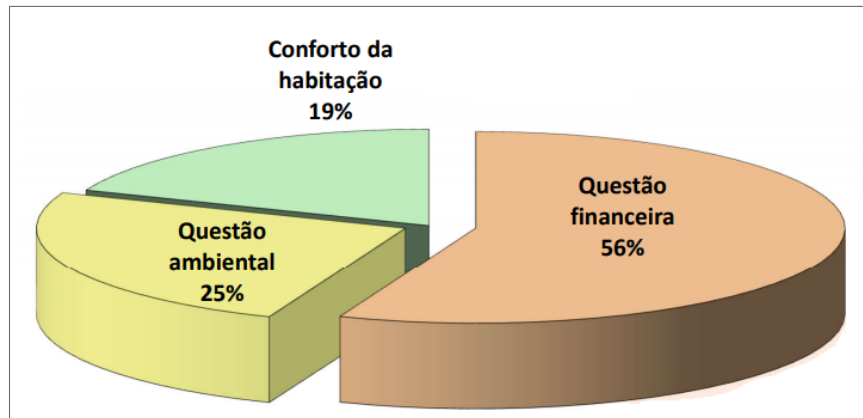
Figura 6 – Utilização da energia



Fonte: (ADENE, 2017)

Através da pesquisa realizada pela ADENE, a eletricidade é a maior despesa nas contas pagas. Por isso que três de cada quatro habitantes tem a preocupação em diminuir esse gasto. No entanto, na prática, nem todos conseguem reduzir o consumo (ADENE, 2017). A Figura 7 mostra como está dividida a preocupação dos habitantes.

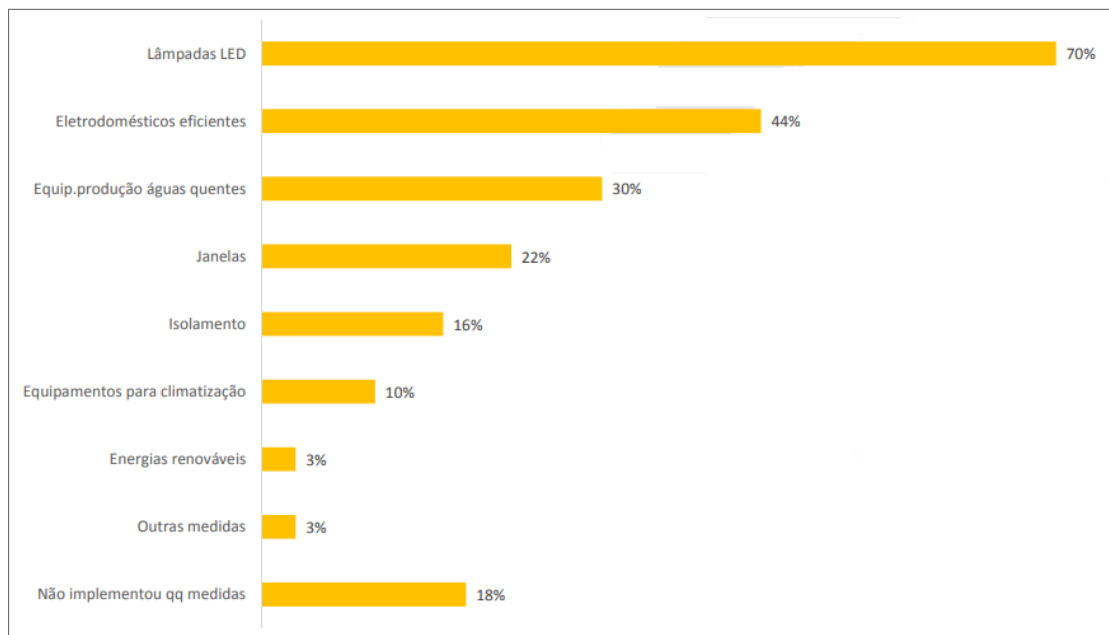
Figura 7 – Preocupação dos habitantes



Fonte: (ADENE, 2017)

Para se tentar reduzir o consumo de energia, foram feitas algumas medidas de melhoria baseadas na Figura 6. As melhorias foram a troca para as lâmpadas led, eletrodomésticos mais eficientes, substituição de equipamento de água quente, melhorar o isolamento, utilização de energia renovável, como pode ser observado na Figura 8, (ADENE, 2017).

Figura 8 – Medidas tomadas para melhorar a eficiência energética



Fonte: (ADENE, 2017)

2.3 LEGISLAÇÃO

Em 1990 o Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, aprovou o Regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), onde possuía a finalidade

de introduzir aspectos energéticos nos projetos e garantir o conforto térmico com redução do gasto energético para edifícios novos ou edifícios que passaram por grandes modificações. Esse foi o primeiro instrumento legal que impôs requisitos aos projetos, mesmo esses requisitos sendo pouco exigentes (ACEPE, 2008).

Para complementar o RCCTE, foi aprovado pelo Decreto-lei n.º 118/98, que estabelece o Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE), que busca regulamentar a instalação e a utilização de sistemas energéticos de climatização nos edifícios e garantir a utilização racional de energia.

No ano de 2001, a Comissão Europeia avançou com a proposta de uma Diretiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), que foi aprovada rapidamente como Diretiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro de 2002, que tem como objetivos, baixar o consumo de energia, utilização de práticas que possam regular a eficiência energética dos edifícios e diminuir a emissão de gases de efeito estufa.

Em 2006, o Decreto-Lei n.º 78/2006, foi responsável pela criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE), que tem como meta a economia de energia, garantir o conforto térmico, utilização de sistemas de energias renováveis e a qualidade do ar interior dos edifícios novos, bem como os existentes, sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, nos termos do RSECE e do RCCTE, mas também de todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público. A sua gestão é atribuída a ADENE.

Com o Decreto-lei n.º 80/2006, o RCCTE evoluiu na direção de aumentar o número de exigências de isolamentos térmicos de edifícios considerando de forma mais realista o consumo de energia. Ele estabelece regras no projeto de edifícios nos setores: consumo de energia, conforto térmico e a ocorrências de condensações. O RCCTE é aplicável em edifícios de habitação novos ou com grandes modificações na sua estrutura e para pequenos edifícios de serviços com área útil inferior a 1000 m² e sem sistemas mecânicos de climatização com potência inferior a 25 kw). Ele estabelece as seguintes exigências e limites para (ACEPE, 2008):

- as necessidades de aquecimento no inverno (Art. 5º);
- as necessidades de arrefecimento no verão (Art 6º);
- as necessidades de energia para a produção de água quente sanitária (Art 7º);
- as necessidades globais de energia de um edifício (Art 8º);
- as propriedades térmicas de cada zona da envolvente (Art 9º).

De acordo com o Decreto-lei n.º 80/2006, entendem-se edifícios que passaram por grandes modificações ou remodelações aqueles cujas intervenções na envolvente, ou nas

instalações dos seus sistemas energéticos cujo custo seja superior a 25 % do valor do edifício.

O Decreto-lei n.º 79/2006, traz atualizações para o RSECE, garantindo assim, que ele possa ser aplicado a grandes edifícios de serviços novos ou edifícios existentes com grandes modificações, edifícios de habitações ou pequenos edifícios de serviços com sistema de climatização com potência igual, ou superior a 25 kw. Os pequenos edifícios que não são residenciais e possuem menos de 1000 m² de área útil superior, exceto para edifícios existentes do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, o limite referido no número anterior é reduzido para 500 m².

Com o objetivo de atualizar as regras utilizadas, foi criado pelo Decreto-Lei n.º 118/2013, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), que pode ser caracterizado como a junção do RCCTE e RSECE. O REH tem a função de melhorar o conforto térmico, eficiência dos sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente. Esse regulamento é aplicável a edifícios novos ou a que sejam sujeitos a intervenções.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou como é o consumo energético em toda União Europeia, e o que acarreta a edifícios mais antigos consumirem mais energia do que os novos. Em seguida, foi analisado o consumo energético apenas em Portugal e quais hábitos causam maior consumo de energia e as medidas que foram tomadas para diminuir o consumo, aumentando assim eficiência energética. Por fim, é explicado como surgiu cada legislação voltada para a eficiência energética nas edificações.

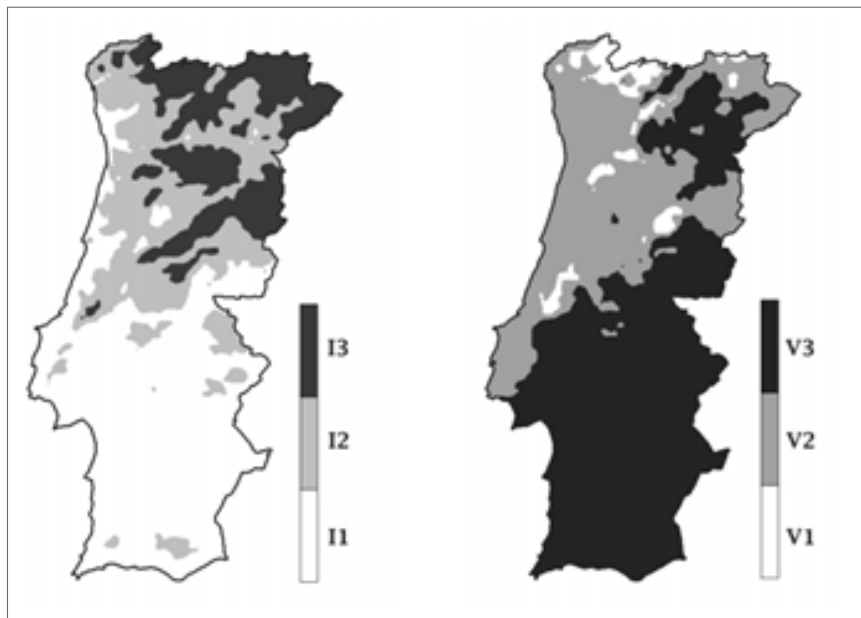
3 METODOLOGIA DE CÁLCULO SEGUNDO O REH

Este capítulo traz um resumo das principais fórmulas usadas e seus fatores para o cálculo da eficiência energética. O conjunto completo com todas as fórmulas pode ser encontrado nas normas mencionados nesta dissertação.

3.1 ZONAS CLIMÁTICAS

Para iniciar os cálculos é necessário entender que Portugal é dividido em seis zonas climáticas, com três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2, V3). A Figura 9 representa a delimitação dessas zonas:

Figura 9 – Zonas climáticas de inverno e verão segundo o REH



Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

Segundo Despacho (extrato) n.º 15793-F, o número de graus-dias (GD) na base de 18 °C é o que define as zonas climáticas de inverno. Esse número é obtido através de um método estatístico conhecido como Método Graus-Dia e que representa um somatório das diferenças positivas entre a temperatura interior do projeto e a temperatura do ambiente exterior média ao longo do período de aquecimento. A tabela 1 apresenta os critérios segundo GD para as zonas climáticas de inverno:

Tabela 1 – Critérios GD para as zonas climáticas de inverno

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Fonte: Despacho (extrato) n.º 15793-F

Para as zonas climáticas de verão, o que define em qual zona de verão se encontra uma região é sua temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento $\theta_{ext,v}$, como pode ser visto Tabela 2 :

Tabela 2 – Critérios para as zonas climáticas de verão

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

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

3.2 NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

É a energia necessária para abastecer um edifício ou fração autónoma na estação do inverno, ou seja, quanto maior for esse parâmetro, mais frio está a habitação. A temperatura de referência que um edifício deve ter é de 18°C , definido no REH. A Equação 3.1 resulta no somatório de três parcelas (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$N_{ic} = \frac{Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i}}{A_p} \quad (3.1)$$

Onde:

- $Q_{tr,i}$ é a transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh];
- $Q_{ve,i}$ é a transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{gu,i}$ são os ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh];
- A_p é a área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m^2].

3.2.1 Cálculo da transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios

Essa é a perda de calor que ocorre pelas paredes, pelos envidraçados, cobertura e pelo pavimento, devido à diferença de temperatura entre o interior e o exterior do edifício. O cálculo é realizado pela Equação 3.2 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{tr,i} = 0,024.GD.H_{tr,i} \quad (3.2)$$

Onde:

- GD é o número de graus-dias de aquecimento especificados para cada região NUTS III, [°C.dia];
- $H_{tr,i}$ é o coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, [W/°C].

3.2.1.1 Coeficiente global de transferência de calor por transmissão

Esse coeficiente é responsável por representar a condutância através de toda a superfície dos elementos da envolvente que são: paredes, envidraçados, pavimentos, coberturas e pontes térmicas planas. A Equação 3.3 na estação de aquecimento é o resultado na soma de quatro parcelas (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013):

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \quad (3.3)$$

Onde:

- H_{ext} é o coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com o exterior, [W/°C];
- H_{enu} é o coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com espaços não úteis, [W/°C];
- H_{adj} é o coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contato com edifícios adjacentes, [W/°C];
- H_{ecs} é o coeficiente de transferência de calor através de elementos em contato com o solo, [W/°C].

3.2.2 Cálculo da transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

Corresponde a perdas de calor por unidade de tempo relativas à renovação do ar interior durante a estação de aquecimento. Ela é calculada pela Equação 3.4 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{ve,i} = 0,024.GD.H_{ve,i} \quad (3.4)$$

Em que:

$$H_{ve,i} = 0,34.R_{ph,i}.A_p.P_d \quad (3.5)$$

Onde:

- $R_{ph,i}$ é a taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento, [1/h];
- A_p é a área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m²];
- P_d é o pé direito médio da fração, [m];
- $H_{ve,i}$ é o coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [W/°C].

3.2.3 Ganhos térmicos úteis

Corresponde a conversão dos ganhos térmicos brutos para ganhos térmicos úteis através de um fator de utilização de ganhos térmicos (η). A Equação 3.6 representa esses ganhos (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{gu,i} = \eta.Q_{g,i} \quad (3.6)$$

Onde:

- η é o fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;
- A_p são os ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, [kWh].

Os ganhos térmicos brutos tem duas origens, uma é em relação aos ganhos térmicos associados as fontes internas de calor e a outra associado ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad (3.7)$$

Onde:

- $Q_{g,i}$ são os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{sol,i}$ são os ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, [kWh].

Retirando o sistema de aquecimento, os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor podem estar associados ao metabolismo dos ocupantes e ao calor dissipado nos equipamentos e nos dispositivos de iluminação como mostrado na Equação 3.8 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \quad (3.8)$$

Onde:

- q_{int} são os ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, iguais a 4 W/m;
- M é a duração média da estação convencional de aquecimento, [mês];
- A_p é a área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior, [m²].

O cálculo dos ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento é realizado da seguinte maneira (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \sum_j [X_j \cdot \sum_n F_{s,ijn} \cdot A_{s,ijn}] \cdot M \quad (3.9)$$

Onde:

- G_{sul} é o valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul, durante a estação de aquecimento, por unidade de superfície, [kWh/m².mês];
- X_j é o fator de orientação para as diferentes exposições;
- $F_{s,ijn}$ é o fator de obstrução do vão envidraçado n com orientação j na estação de aquecimento;
- $A_{s,ijn}$ é a área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado na superfície com a orientação, [m²];
- j é o índice que corresponde a cada uma das orientações;
- n é o índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j;
- M é a duração média da estação convencional de aquecimento, [mês].

O valor da área efetiva coletora deve ser calculada vão a vão pela Equação 3.10 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$A_{s,i_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_i \quad (3.10)$$

Onde:

- A_w é a área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m²];
- F_g é a fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;
- g_i é o fator solar de inverno.

Nas situações em que não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, o fator solar de inverno será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal, afetado do fator de seletividade angular, mediante a expressão 3.11 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi} \quad (3.11)$$

Onde:

- $F_{w,i}$ é o fator solar do envidraçado;
- $g_{\perp,vi}$ é o fator de seletividade angular.

Para a situação que existir dispositivos de sombreamento a expressão 3.11 fica (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$g_i = g_{Tp} \quad (3.12)$$

Onde:

- g_{Tp} é o fator solar do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes.

3.2.4 Cálculo para o valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento

Uma vez calculado o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, pode-se calcular o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i), através da Equação 3.13, considerando valores e condições de referência (Portaria n.º 349-B, 2013):

$$N_i = \frac{Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}}{A_p} \quad (3.13)$$

Onde:

- $Q_{tr,i}$ é a transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento em [kWh];
- $Q_{ve,i}$ é a transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{gu,i}$ são os ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento, em [kWh];
- A_p é a área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

3.3 NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

Representa a energia para baixar a temperatura de uma habitação numa estação de verão convencional. O valor é calculo pela Equação 3.14 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$N_{vc} = \frac{(1 - \eta_v) \cdot Q_{g,v}}{A_p} \quad (3.14)$$

Onde:

- η_v é o fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;
- $Q_{g,v}$ são os ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh];
- A_p é a área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

3.3.1 Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

Esses ganhos são obtidos pela soma de duas parcelas (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad (3.15)$$

Onde:

- $Q_{int,v}$ são os ganhos térmicos associados a fontes internas de calor;
- $Q_{sol,v}$ são os ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada.

Os ganhos térmicos internos devidos aos ocupantes, aos equipamentos e aos dispositivos de iluminação durante toda a estação de arrefecimento calculam-se através da Equação 3.16 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{int,v} = \frac{q_{int,v} \cdot A_p \cdot L_v}{1000} \quad (3.16)$$

Onde:

- $q_{int,v}$ são os ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície igual a 4 W/m² ;
- L_v é duração da estação de arrefecimento igual a 2928 horas.

Os ganhos solares na estação de arrefecimento resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada calculam-se de acordo com a seguinte Equação 3.17 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_{sol,v} = \sum_j [G_{sol_j} \sum_n F_{s,v_{nj}} \cdot A_{s,v_{nj}}] \quad (3.17)$$

Onde:

- G_{sol_j} é a energia solar média incidente numa superfície com orientação j durante toda a estação de arrefecimento, [kWh/m²];
- $A_{s,v_{nj}}$ é a área efetiva coletora de radiação solar da superfície do elemento n com a orientação j, [m²];
- j é o índice correspondente a cada uma das orientações por octante e à posição horizontal;
- n é o índice correspondente a cada um dos elementos opacos e envidraçados com a orientação j;
- $F_{s,v_{nj}}$ é o fator de obstrução da superfície do elemento n, com a orientação j.

Observação:

Para espaços úteis e não úteis, a área efetiva coletora de radiação solar de cada vão envidraçado n com orientação j, deve ser calculada através da seguinte Equação 3.18 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$A_{s,v_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \quad (3.18)$$

Onde:

- A_w é a área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m²];

- F_g é a fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;
- g_v é o fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento.

Em situações de vãos incluídos na envolvente interior (int), adjacente a um espaço não útil (enu) que possua vãos envidraçados, designadamente marquises, estufas, ou similares, e em alternativa ao indicado na Equação 3.18, a área efetiva coletora deve ser determinada de acordo (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$A_{s,v_{nj}} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (g_v)_{int} \cdot (g_v)_{enu} \quad (3.19)$$

Onde:

- A_w é a área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m²];
- F_g é a fração envidraçada do vão envidraçado;
- g_v é o fator solar na estação de arrefecimento, do vão envidraçado interior;
- g_v é o fator solar na estação de arrefecimento, do vão do espaço não útil.

A área efetiva coletora de radiação solar de um elemento da envolvente opaca exterior é calculada através da Equação 3.20, aplicável a espaços úteis e não úteis (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$A_{s,v_{nj}} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad (3.20)$$

Onde:

- α é o coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;
- U é o coeficiente de transmissão térmica do elemento da envolvente opaca, [W/m²];
- A_{op} é a área do elemento da envolvente opaca exterior, [m²];
- R_{se} é a resistência térmica superficial exterior igual a 0,04 W/(m² .°C).

3.3.2 Cálculo para o valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

Uma vez calculado o valor do N_{vc} , pode-se realizar o cálculo do N_v através da Equação 3.21 e verificar se o resultado encontra-se dentro dos intervalos aceitáveis (Portaria n.º 349-B, 2013):

$$N_v = \frac{(1 - \eta_{v_{ref}}) \cdot Q_{g,v_{ref}}}{A_p} \quad (3.21)$$

Onde:

- $\eta_{v_{ref}}$ é o fator de utilização dos ganhos de referência;
- $Q_{ve,i}$ são os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento, [kWh];
- A_p é a área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior [m²].

3.4 PREPARAÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA (AQS)

A energia útil necessária para a preparação de AQS durante um ano para garantir o consumo médio anual de referência de águas quentes sanitárias será (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \delta T \cdot n_d}{3600000} \quad (3.22)$$

Onde:

- δT é o aumento de temperatura necessária para a preparação das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C;
- n_d é o número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

Nos edifícios de habitação, o consumo médio diário de referência será calculado pela Equação 3.23 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad (3.23)$$

Onde:

- n é o número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e n+1 ocupantes nas tipologias do tipo Tn com n>0;
- f_{eh} é o fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais;
- Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$.

3.5 CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

É o resultado da soma dos itens: aquecimento (N_{ic}), arrefecimento (N_{vc}), produção de AQS e ventilação mecânica (W_{vm} / A_p), deduzidas de eventuais contribuições de fontes de energia renovável, conforme apresentado na Equação 3.24 (Despacho (extrato) n.º 15793-I, 2013):

$$N_{tc} = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot (Q_a / A_p)}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} - \sum_j \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \quad (3.24)$$

Onde:

- N_{ic} são as necessidades de energia útil para aquecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m² .ano)];
- $f_{i,k}$ é a parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema k;
- N_{vc} são as necessidades de energia útil para arrefecimento, supridas pelo sistema k [kWh/(m² .ano)];
- $f_{v,k}$ é a parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema k;
- Q_a são as necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano];
- $f_{a,k}$ é a parcela das necessidades de energia útil para produção de AQS supridas pelo sistema k;
- η_k é a eficiência do sistema k, que toma o valor de 1 no caso de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renovável, à exceção de sistemas de queima de biomassa sólida em que deve ser usada a eficiência do sistema de queima;
- j são todas as fontes de energia incluindo as de origem renovável;
- p são as fontes de origem renovável;
- $E_{ren,p}$ é a energia produzida a partir de fontes de origem renovável p, [kWh/ano], incluindo apenas energia consumida;

- W_{vm} é a energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];
- A_p é a área interior útil de pavimento [m²];
- $F_{pu,j}$ e $F_{pu,p}$ são os fatores de conversão de energia útil para energia primária, [kWhEP/kWh];
- δ é igual a 1, exceto para o uso de arrefecimento N_{vc} 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.

3.6 CÁLCULO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA QUE CORRESPONDE AO VALOR LIMITE REGULAMENTAR

Corresponde ao valor das referidas necessidades, admitindo a inexistência de consumos de energia associados à ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis, incluindo sistemas de energia solar para preparação de águas quentes sanitárias (AQS) (Portaria n.º 349-B, 2013).

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \cdot (Q_a / A_p)}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad (3.25)$$

Onde:

- N_i é o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m² .ano)];
- N_v é o valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m² .ano)];
- Q_a são as necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano];
- $f_{i,k}$ é a parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k;
- $f_{v,k}$ é a parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência k;
- $f_{a,k}$ é a parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência k;

- η_{ref} são os valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS;
- j é a fonte de energia;
- A_p é a área interior útil de pavimento [m²];
- $F_{pu,j}$ é o fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt – hora de energia primária por kwh [kWhEP/kWh].

3.7 DETERMINAÇÃO DA CLASSE ENERGÉTICA

Para edifício de habitação, a classe é determinada pela razão entre N_{tc} , visto na Equação 3.24, e N_t , visto na Equação 3.25. A Equação 3.26 representa esta razão (Despacho (extrato) n.º 15793-J, 2013):

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (3.26)$$

Os intervalos para a determinação da classe energética para uma habitação são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Classe energética de referência

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	$R_{Nt} \geq 2,51$

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-J, 2013)

3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou as principais fórmulas usadas para o cálculo da eficiência energética nas edificações em Portugal, trazendo consigo uma explicação rápido sobre o que cada equação representa e os seus termos. Por fim, foi apresentada a tabela que traz a classificação energética, tendo como referência a razão entre N_{tc} e N_t .

4 SISTEMA DE AVALIAÇÃO PARA O CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUA VALIDAÇÃO

Neste capítulo será apresentado o sistema de avaliação utilizado para o cálculo da eficiência energética segundo o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e a linguagem escolhida para a sua criação. Por fim, será abordado o método utilizado para a sua validação.

4.1 SISTEMA DE AVALIAÇÃO

Para modelagem do sistema de avaliação foi decidido utilizar a linguagem *Python*, onde foram adicionadas manualmente todas as equações do REH, visto que através desta linguagem é mais fácil modelar este sistema de avaliação, devido ao fato dela melhor adequar-se ao modelo computacional. Essa é uma linguagem de programação expressiva e de alto nível, em que é fácil traduzir o raciocínio em um algoritmo, além de ser fortemente e dinamicamente tipada, que inclui estruturas de seleção, repetição, construção de classes, entre outros recursos. O sistema de avaliação completo encontra-se no Apêndice A.

Foi implementado no código *python* a função *flask*, conforme a Figura 10, que é um micro *framework* multiplataforma utilizado para criação de aplicativos web. O método *get*, que normalmente usa o URL para enviar dados ao servidor, foi utilizado no *flask*. A implementação do flask não é necessária agora, mas ela foi feita para que no futuro ao invés dos dados serem inseridos manualmente por um usuário em um arquivo de texto, o sistema de avaliação receba os dados de um banco de dados gerado pelo inspetor responsável, e em seguida depois do sistema de avaliação processar os dados recebidos, ele retornaria para o inspetor o resultado da classificação energética da residência. Para mais detalhes sobre o flask e micro frame work, veja a referência (ANDRADE, 2019a) e (ANDRADE, 2019b) respectivamente.

Figura 10 – Importação do flask

```
from flask import Flask, request # Importa a biblioteca
import jsonpickle
import math

app = Flask(__name__) # Inicializa a aplicação

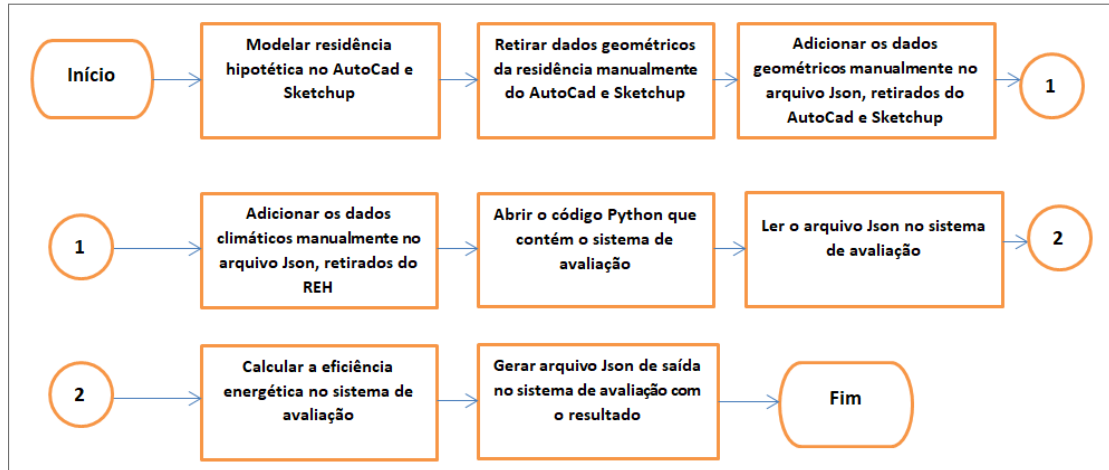
@app.route('/', methods=['GET']) # Nova rota
```

Fonte: O Autor (2021)

A Figura 11 apresenta um fluxograma com os passos para o funcionamento do sistema

de avaliação. Nos próximos parágrafos serão explicados todos os processos presentes no fluxograma.

Figura 11 – Fluxograma do processo



Fonte: O Autor (2021)

O sistema de avaliação lê um arquivo de entrada chamado, `dados_atualizados_dissertacao`, do tipo json (*JavaScript Object Notation*), através do comando, *with open*, representado na Figura 12, onde neste arquivo contém várias características. Algumas delas são listadas a seguir:

- altura e largura de paredes;
- número de paredes;
- número de janelas;
- altura e largura de cada janela;
- localização geográfica da residência;
- condições climáticas do local;
- temperatura média de verão e inverno;
- altitude;
- duração da estação de aquecimento e arrefecimento;
- pé direito da edificação;
- área por pavimento;
- coeficiente de transmissão térmica das materiais;

- inércia térmica da edificação.

Todos os dados adicionados no arquivo json, relacionados com a geometria da residência, foram retirados, apenas por conveniência, manualmente dos programas *AutoCAD* 2013 e *Sketchup*, mesmo sabendo que essa não é a maneira ideal de obtenção dos dados. Na melhor situação, deveria existir um programa para minerar esses dados de entrada, mas como o objetivo era apenas a criação do avaliador e não de um programa de mineração, essa foi a melhor maneira encontrada. Já os dados relacionados com as características climáticas foram retirados do REH. A Figura 13 é um pedaço do arquivo json dos dados de entrada. Nela está contido o id, que apenas enumera o número de paredes, o comprimento e altura das paredes e o seu respectivo coeficiente de transmissão térmica (U). O arquivo completo de entrada encontra-se nos Apêndices B, C, D, E e F.

Figura 12 – Lendo o arquivo json de entrada

```
def main():  
    with open('dados_atualizados_dissertacao.json', 'r') as arquivo:  
        conteudo = arquivo.read()  
        ret = jsonpickle.decode(conteudo)
```

Fonte: O Autor (2021)

Figura 13 – Exemplo de dados de entrada

```
{  
  "numeros_paredes": 4,  
  "Paredes_Exteriores": [  
    {  
      "id_p": 1,  
      "comprimento_paredes": 16.20,  
      "altura_paredes": 2.60,  
      "U_paredes": 0.4},  
    {  
      "id_p": 2,  
      "comprimento_paredes": 6.33,  
      "altura_paredes": 2.6,  
      "U_paredes": 0.4},  
    {  
      "id_d": 3,  
      "comprimento_paredes": 4.47,  
      "altura_paredes": 2.6,  
      "U_paredes": 0.4},  
    {  
      "id_d": 4,  
      "comprimento_paredes": 11.76,  
      "altura_paredes": 2.6,  
      "U_paredes": 0.4  
    }  
  ]  
}
```

Fonte: O Autor (2021)

Para que o sistema consiga realizar os cálculos das eficiências energéticas em diferentes configurações de residências, fez-se necessário a utilização de uma estrutura de repetição. Onde, sempre são perguntados os números de paredes, pavimentos, vãos, entre outros fatores, para serem adicionados dentro de um *for* com um *range*, tornando assim possível calcular a eficiência independente do modelo da moradia. Por exemplo, supondo que a residência tenha cinco janelas, o *range* ele vai ser de zero até quatro, onde zero representa a primeira janela, caso a moradia tenha oito janelas, o *range* vai de zero até sete e assim sucessivamente, tornando assim o código funcional para diversos tipos de habitações.

A Figura 14 é um exemplo da implementação das equações no sistema em *python*, onde é calculada a área de cada parede externa e no final multiplicada pelo coeficiente de transmissão térmica respectivamente de cada parede. Esse é um dos fatores para achar o Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior (Hext), que já foi explicado no Capítulo 4.

Figura 14 – Cálculo para Hext

```
# Paredes Exteriores
Soma_paredes_exteriores = 0
i1 = ret['numeros_paredes']
for n in range(0, i1):
    area_paredes_x_U_paredes = ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['comprimento_paredes'] * \
                                ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['altura_paredes'] * \
                                ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['U_paredes']
    Soma_paredes_exteriores = Soma_paredes_exteriores + area_paredes_x_U_paredes
```

Fonte: O Autor (2021)

Após a cálculo de todos os fatores que já foram abordados no Capítulo 3, o sistema de avaliação vai classificar a residência segundo o REH como pode ser visto na Figura 15, deixando claro que pode ser entre A+ e F, sendo F a pior classificação.

Figura 15 – Classificação no sistema

```

Eficiencia = Ntc / Nt

if Eficiencia <= 0.25:
    classe_energetica = str('A+')
elif 0.26 <= Eficiencia <= 0.50:
    classe_energetica = str('A')
elif 0.51 <= Eficiencia <= 0.75:
    classe_energetica = str('B')
elif 0.76 <= Eficiencia <= 1:
    classe_energetica = str('B-')
elif 1.01 <= Eficiencia <= 1.50:
    classe_energetica = str('C')
elif 1.51 <= Eficiencia <= 2:
    classe_energetica = str('D')
elif 2.01 <= Eficiencia <= 2.50:
    classe_energetica = str('E')
else:
    classe_energetica = str('F')

```

Fonte: O Autor (2021)

Finalmente com todos os dados calculados e a classificação, o sistema de avaliação gera um arquivo json de saída, através da comando representado na Figura 16. Este tipo de arquivo foi escolhido porque é um formato de texto para troca de dados e informações, muito utilizado por diversos sistemas (GAMA, 2011). Como pode ser visto na Figura 17, esse é um exemplo do arquivo json de saída com os resultados utilizados para a análise da eficiência energética. A escolha dos termos para serem vistos no resultado, deve-se ao fato que são as principais variáveis para o cálculo da eficiência, como pode ser visto no Capítulo 3 nas Equações 3.24, 3.25 e 3.26, mas também, porque que através dos resultados dos fatores, pode-se saber, por exemplo, se a residência precisa de mais energia para aquecimento (Ntc) ou arrefecimento (Nvc). No final do arquivo de saída, ainda foi impresso a classe energética, que neste exemplo teve uma classificação B, não sendo assim nem a melhor e nem a pior classe, segundo o REH. Todos os arquivos json de saída encontram-se nos Apêndices B, C, D, E e F.

Figura 16 – Gerando o arquivo json de saída

```

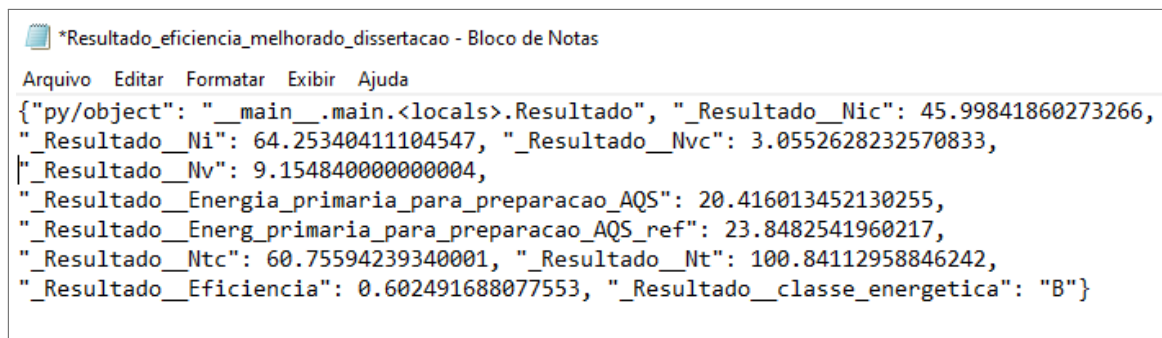
with open('Resultado_eficiencia_melhorado_dissertacao.json', 'w') as arquivo:
    res = jsonpickle.encode(Resultado_da_eficiencia)

    arquivo.write(res)

```

Fonte: O Autor (2021)

Figura 17 – Exemplo de dados de saída



```
*Resultado_eficiencia_melhorado_dissertacao - Bloco de Notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
{"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado_Nic": 45.99841860273266,
 "_Resultado_Ni": 64.25340411104547, "_Resultado_Nvc": 3.0552628232570833,
 "_Resultado_Nv": 9.154840000000004,
 "_Resultado_Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255,
 "_Resultado_Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217,
 "_Resultado_Ntc": 60.75594239340001, "_Resultado_Nt": 100.84112958846242,
 "_Resultado_Eficiencia": 0.602491688077553, "_Resultado_classe_energetica": "B"}
```

Fonte: O Autor (2021)

4.2 VALIDAÇÃO

Para validação os dados gerados no sistema de avaliação foram comparados com os dados gerados na dissertação Coutinho (2014), que tem como objetivo principal “aplicação do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação com o conceito de habitação com necessidades quase nulas de energia”. O conceito de necessidade de energia quase nula está ligado diretamente ao balanço energético da edificação está perto de zero. Isso significa que as necessidades anuais energéticas das edificações são supridas por energias renováveis, sendo ela produzida na própria edificação ou nas imediações (FREITAS, 2020).

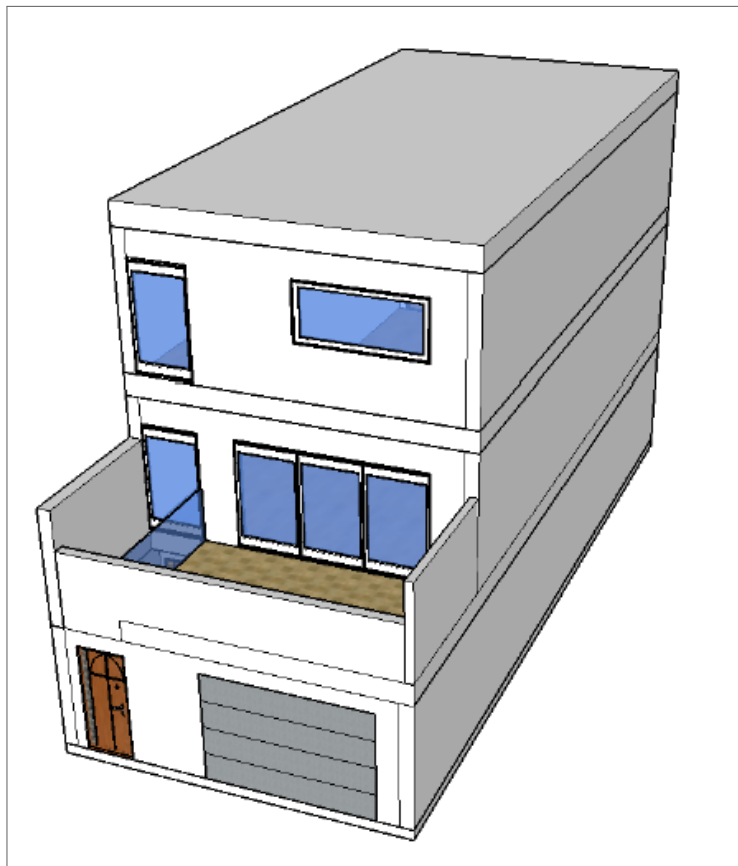
Coutinho (2014), utiliza um edifício de habitação que será construído e localizado numa zona urbana, na Avenida Dr. Ezequiel de Campos em Leça do Balio, Matosinhos, a Tabela 4 traz as características do local. Esse edifício fará parte de um conjunto de edifícios, possuindo dois pisos e uma cave parcialmente enterrada, que será utilizada para garagem, a Figura 18 mostra como deverá ser a edificação.

Tabela 4 – Dados climáticos do local

Dados Climáticos do Local	
Localização:	Grande Porto
Zona Climática de Inverno:	I1
Zona Climática de Verão:	V2
Altitude de referência (m):	94
GD(°C):	1250
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	6,16
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	20,9
Gsul(Kwh/m ² .mês):	130

Fonte: (COUTINHO, 2014)

Figura 18 – Residência modelo



Fonte: (COUTINHO, 2014)

Esse edifício de habitação terá um pé direito de 2,6 m e será composto por três quartos, uma cozinha, uma sala, três banheiros, um armário, um vestíbulo, uma lavanderia e uma garagem. Durante a dissertação de Coutinho (2014), ele realizou a análise de cinco casos, onde em um caso é rotacionado o edifício para conseguir a melhor orientação da fachada, levando em conta a maior incidência de energia calorífica, e nos outros ele muda a área de envidraçamento, podendo assim entender quais os fatores que mais influenciam em uma residência para conseguir a melhor classe energética.

Os cálculos realizados por Coutinho (2014) para se descobrir a eficiência energética foram feitos através da Portaria n.º 349-C/2013, onde pode ser encontrada uma tabela que o usuário deve preencher com várias características da residência, como área dos elementos exteriores, área de envidraçados, pé direito, fatores diversos, entre outros. Todos esses cálculos podem ser feitos manualmente pelo usuário, mas ainda deve-se ter atenção que alguns fatores como, por exemplo, o fator de ganhos térmicos internos, a temperatura de referência para o cálculo das necessidades de energia na estação de arrefecimento, não estão presentes nesta mesma portaria, sendo necessário o usuário procurar em várias outras, dificultando assim a realização do cálculo.

A grande diferença entre o processo de cálculo realizado por Coutinho (2014) e o autor desta dissertação, está no sistema de avaliação desenvolvido em *python*. As vantagens de

utilizar esse sistema de avaliação são as seguintes:

- diversos fatores presentes na norma já estão adicionados;
- dados de entrada mais fáceis de obter;
- não precisa ter um entendimento aprofundado na norma;
- serve como base para criação de um sistema de recomendação;

Os fatores estão espalhados por diversas normas e a depender da configuração da residência, o fator muda. O sistema de avaliação, já traz os fatores aplicados, além do mais, em vez do usuário informar a área, ele informa os dados como altura e comprimento, que o sistema de avaliação já a calcula, sem a necessidade do mesmo calcular, deixando a obtenção dos dados pelo usuário mais simples.

O caso utilizado para validação foi o caso 1 de Coutinho (2014), que não teve reorientação da fachada e nem aumento na área envidraçada, sendo assim o modelo padrão inicial. A tabela 5 trazem os dados que são usados para a validação do sistema. Considerando a diferença em porcentagem e obtendo um valor absoluto, entre o valor calculado pelo sistema de avaliação e o calculado em Coutinho (2014) é notável que está diferença foi bastante insignificante, mostrando que os valores calculados pelo sistema de avaliação são bem próximos com o da dissertação.

Como desvio padrão é um dado estatísticos que mede o quanto os seus dados se afastam da média e a variância é uma medida de dispersão dos valores de uma amostra em relação ao valor esperado, fez-se necessário o seu cálculo através das Equações 4.1 e 4.2, respectivamente. Assim seria possível afirmar se a distribuição é mais "espalhada" ou menos "espalhada". Olhando o valor do desvio padrão é perceptível que ele tende a zero e até em alguns caso ele é zero, isso significa que os dados comparados variam pouco em torno da média, além do que observando o desvio e a variância é possível afirmar que essa é uma distribuição pouco espalhada.

$$D_p = \sqrt{\sum (X_i - X_{medio})^2 / n} \quad (4.1)$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - X_{medio})^2 / n - 1 \quad (4.2)$$

Tabela 5 – Comparação entre os resultados para validar

Fatores	Simulador Python	Dissertação Rui Nunes Coutinho	Diferença (%)	Média	Desvio Padrão	Variância
Nic	29,889	29,84	0,16	29,86	0,034648232	0,0012005
Ni	67,77	67,90	0,19	67,84	0,091923882	0,00845
Nvc	7,29	7,42	1,78	7,36	0,091923882	0,00845
Nv	9,15	9,13	0,22	9,14	0,014142136	0,0002
AQS	21,25	21,26	0,05	21,26	0,007071068	5E-05
AQS_ref	25,31	25,31	0,00	25,31	0	0
Ntc	48,55	48,63	0,16	48,59	0,056568542	0,0032
Nt	109,08	109,22	0,13	109,15	0,098994949	0,0098
Eficiência	0,45	0,45	1,12	0,45	0,003535534	0,0000125
Classe Energética	A	A		A	0	0

Fonte: O Autor (2021)

Apesar de ser utilizado apenas um trabalho para validar o sistema, devido a dificuldades de encontrar outros trabalhos que pudessem ser usados, já que alguns calculam a eficiência com as normas antigas ou a eficiência para prédios comerciais, o cálculo do sistema de avaliação leva em conta a variação de diversos parâmetros já mencionados.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou as etapas para desenvolver o sistema de avaliação e a linguagem escolhida. Em seguida, trouxe um exemplo do arquivo de entrada e saída do sistema de avaliação para uma residência. Por fim, apresentou a dissertação que foi utilizada como parâmetro para validação e quais os dados estatísticos que foram levados em considerações.

5 ESTUDOS DE CASOS

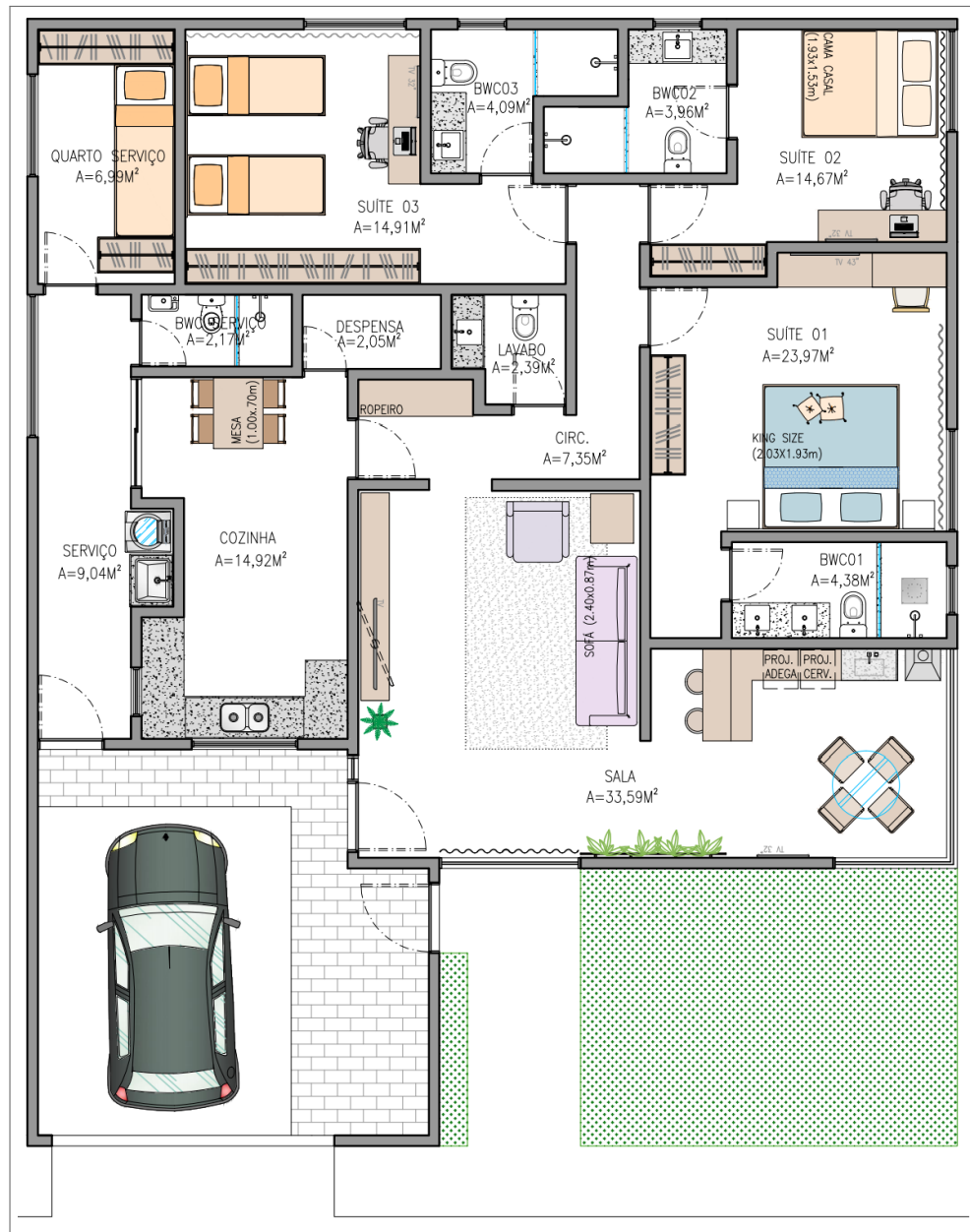
5.1 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será feito o Cálculo da Eficiência Energética utilizando o REH para uma casa hipotética, localizada em diferentes concelhos e utilizando o valor de referência do regulamento dos coeficientes de transmissão térmica, para promover a melhor eficiência energética da habitação. Em todos os concelhos serão realizados os seguintes cálculos: necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}), de arrefecimento (N_{vc}), de preparação AQS, N_{tc}, bem como sua classificação energética.

5.2 ESTRUTURA ARQUITETÔNICA DA RESIDÊNCIA

É uma casa de moradia unifamiliar composta apenas do piso térreo e frequentada por 5 ocupantes. A Figura 19 é a planta baixa executada em *AutoCAD* 2013 da residência que é composta pela sala, três suítes, lavabo, despensa, cozinha, área de serviço, banheiro de serviço, quarto de serviço e garagem. O programa *AutoCAD* 2013 é um *software* para desenhos 2D e 3D, mas que é utilizado com maior frequência para os desenhos 2D, por possuir uma interface mais amigável.

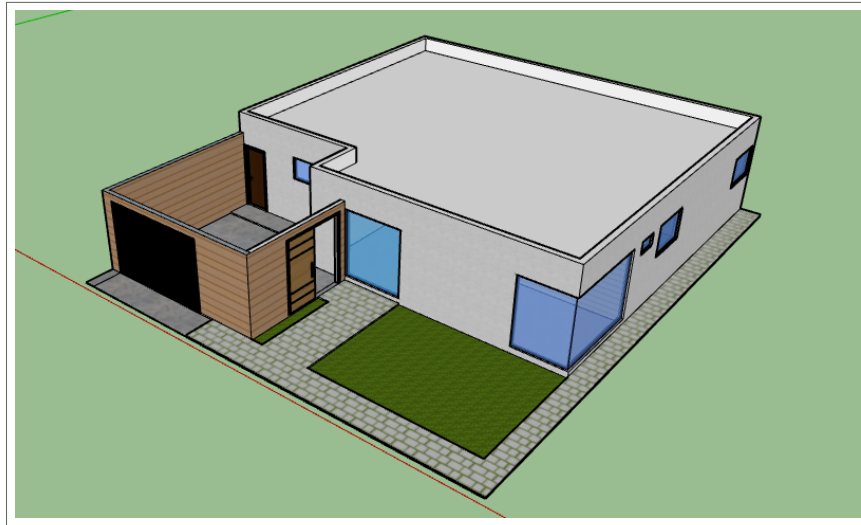
Figura 19 – Planta baixa da residência unifamiliar



Fonte: O Autor (2021)

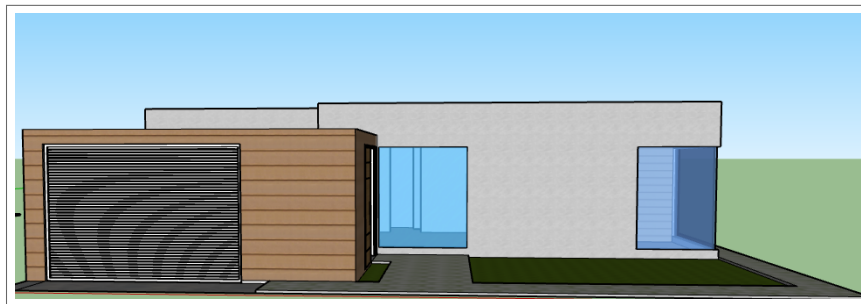
A perspectiva é representada pela Figura 20. As Figuras 21, 22, 23 e 24, representam as vistas voltadas a sul, leste, norte e oeste respectivamente. A vista sul representa a vista frontal da residência. A perspectiva e as vistas foram retiradas do programa *Sketchup* que é um *software* voltado para modelagem 3D.

Figura 20 – Vista de perspectiva



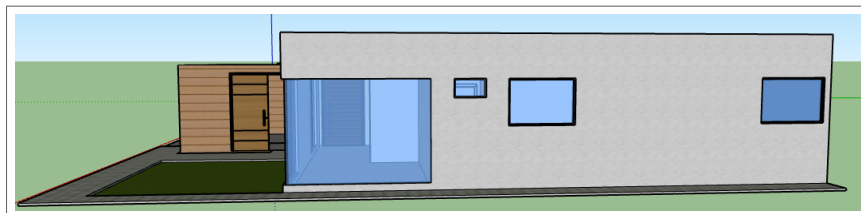
Fonte: O Autor (2021)

Figura 21 – Vista frontal (Sul)



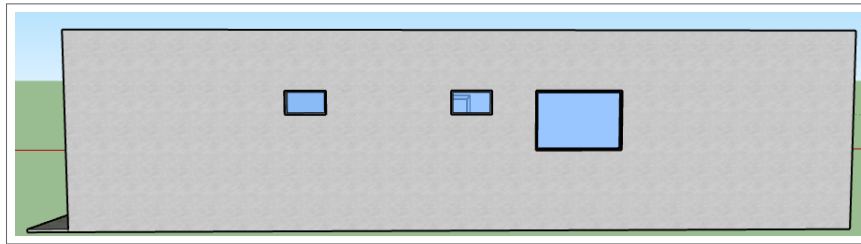
Fonte: O Autor (2021)

Figura 22 – Vista lateral (Leste)



Fonte: O Autor (2021)

Figura 23 – Vista lateral (Norte)



Fonte: O Autor (2021)

Figura 24 – Vista lateral (Oeste)



Fonte: O Autor (2021)

5.3 CONCELHOS SELECIONADOS PARA CADA ESTUDO DE CASO

A residência modelo será localizada em cinco concelhos diferentes, são eles: Grande Porto, Minho-Lima, Serra da Estrela, Região Autónoma Madeira (R.A.Madeira) e Lezíria do Tejo. Como cada concelho tem suas características climáticas, os seus coeficientes de transmissão térmica de referência, segundo a norma, também são diferentes.

O concelho de Grande Porto é uma área metropolitana portuguesa que conta com onze municípios. Possui temperaturas no inverno que variam entre 5°C a 14 °C e no verão que variam entre 15 °C e 25 °C. A Tabela 6 traz as características climáticas de Grande Porto (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013).

Tabela 6 – Grande Porto (caso 1)

Dados Climáticos - Caso 1	
Localização:	Grande Porto
Orientação:	Norte/Sul
Zona Climática de Inverno:	I1
Zona Climática de Verão:	V2
Altitude de referência (m):	94
GD(°C):	1250
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	6,16
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	20,9
Gsul(Kwh/m².mês):	130

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

Minho-Lima é um concelho de Portugal que possui dez municípios. O litoral é caracterizado por um inverno moderado e um verão fresco, nas zonas montanhosa o verão é fresco e o inverno é frio, nos vales o verão é considerado quente e um inverno fresco. A Tabela 7 traz as características climáticas de Minho-Lima (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013).

Tabela 7 – Minho-Lima (Caso 2)

Dados Climáticos - Caso 2	
Localização:	Minho-Lima
Orientação:	Norte/Sul
Zona Climática de Inverno:	I2
Zona Climática de Verão:	V2
Altitude de referência (m):	268
GD(°C):	1629
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	7,2
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	20,5
Gsul(Kwh/m².mês):	130

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

O concelho de Serra da Estrela possui três municípios e está situado na região do Centro, onde encontram-se as maiores altitudes de Portugal Continental. A temperatura média no verão é 21 °C e nos meses mais frios a média fica em 3 °C. A Tabela 8 traz as características climáticas de Serra da Estrela (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013).

Tabela 8 – Serra da Estrela (Caso 3)

Dados Climáticos - Caso 3	
Localização:	Serra da Estrela
Orientação:	Norte/Sul
Zona Climática de Inverno:	I3
Zona Climática de Verão:	V2
Altitude de referência (m):	553
GD(°C):	1851
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	7,5
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	21
Gsul(Kwh/m².mês):	135

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

Região Autónoma Madeira é um concelho de Portugal que possui onze municípios e correspondendo territorialmente ao Arquipélago da Madeira. Como é um local bastante turístico é a segunda região mais rica de Portugal. Possui verões quentes e secos e invernos suaves e úmidos. A Tabela 9 traz as características climáticas da Região Autónoma Madeira (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013).

Tabela 9 – Região Autónoma Madeira (Caso 4)

Dados Climáticos - Caso 4	
Localização:	R.A. Madeira
Orientação:	Norte/Sul
Zona Climática de Inverno:	I1
Zona Climática de Verão:	V2
Altitude de referência (m):	380
GD(°C):	618
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	3,2
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	20,2
Gsul(Kwh/m ² .mês):	105

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

O concelho de Lezíria do Tejo é uma sub-região portuguesa que possui onze municípios. A temperatura máxima no verão pode chegar a 23,1 °C e no inverno não fica abaixo de 10 °C. A Tabela 10 traz as características climáticas de Lezíria do Tejo (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013).

Tabela 10 – Lezíria do Tejo (Caso 5)

Dados Climáticos - Caso 5	
Localização:	Lezíria do Tejo
Orientação:	Norte/Sul
Zona Climática de Inverno:	I1
Zona Climática de Verão:	V3
Altitude de referência (m):	73
GD(°C):	1135
Duração da Estação de Aquecimento (meses):	5,2
Temperatura exterior do ar no Verão(°C):	23,1
Gsul(Kwh/m ² .mês):	145

Fonte: (Despacho (extrato) n.º 15793-F, 2013)

Através dos dados climáticos que foram fornecidos acima, poderá-se conhecer os coeficientes de transmissão térmica de, cada conselho, pelas Tabelas 15 e 16 fornecidas na seção 5.4.

5.4 LEVANTAMENTO DIMENSIONAL E CÁLCULOS DOS PARÂMETROS

5.4.1 Levantamento

A residência possui um pé direito de 2,60 m e se mantém constante em toda a habitação. A área interior útil, que pode ser visto na Tabela 11, que é um espaço interior

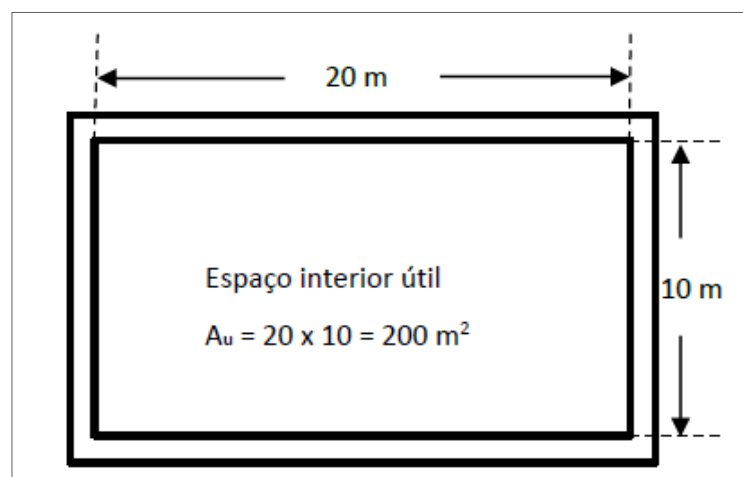
que necessita de conforto térmico, por exemplo, quarto, sala, já a o espaço não útil não necessita de sistema de climatização e a ocupação humana é menor que 2 horas por dia , por exemplo, garagens, lavanderias. Essa área útil pode ser calculada como mostra a Figura 25.

Tabela 11 – Área útil de pavimento

Espaços	Área (m ²)
Sala	33,59
Suite 01	23,97
Suite 02	14,67
Suite 03	14,91
Bwc 01	4,38
Bwc 02	3,96
Bwc 03	4,09
Lavabo	2,39
Circulação	7,35
Despensa	2,05
Cozinha	14,92
Banheiro de serviço	2,17
Quarto de serviço	6,99
Área útil de pavimento	135,44

Fonte: O Autor (2021)

Figura 25 – Área útil do pavimento



Fonte: O Autor (2021)

A Tabela 12 apresenta os envidraçados exteriores. As janelas são compostas por vidro duplo incolor com espessura exterior de 4 a 8 mm e a interior com 5 mm. A caixa de estore está devidamente isolada termicamente e possui baixa permeabilidade.

Tabela 12 – Envidraçados exteriores

Vãos Envidraçados Exteriores	Orientação	Área (m ²)
Sala	Sul	8,074
Sala	Leste	6,82
Wc Suite 1	Leste	0,272
Suite 1	Leste	1,45
Suite 2	Leste	1,45
Wc Suite 2	Norte	0,272
Wc Suite 3	Norte	0,272
Suite 3	Norte	1,45
Quarto de serviço	Oeste	1,45
Serviço	Oeste	0,8

Fonte: O Autor (2021)

As paredes são os que delimitam espaços e as suas áreas são relevantes para o cálculo da eficiência energética. A Tabela 13 apresenta as áreas das paredes que delimitam espaços úteis e não úteis.

Tabela 13 – Paredes exteriores

Elemento/Orientação	Área (m ²)	Espaço
Parede Exterior/Norte	42,151	Útil
Parede Exterior/Sul	16,515	Útil
Parede Exterior/Oeste	11,615	Útil
Parede Exterior/Leste	30,543	Útil
Parede Exterior/Oeste	40,0365	Não Útil
Parede Exterior/Sul	11,164	Não Útil
Parede Exterior/Leste	7,7895	Não Útil

Fonte: O Autor (2021)

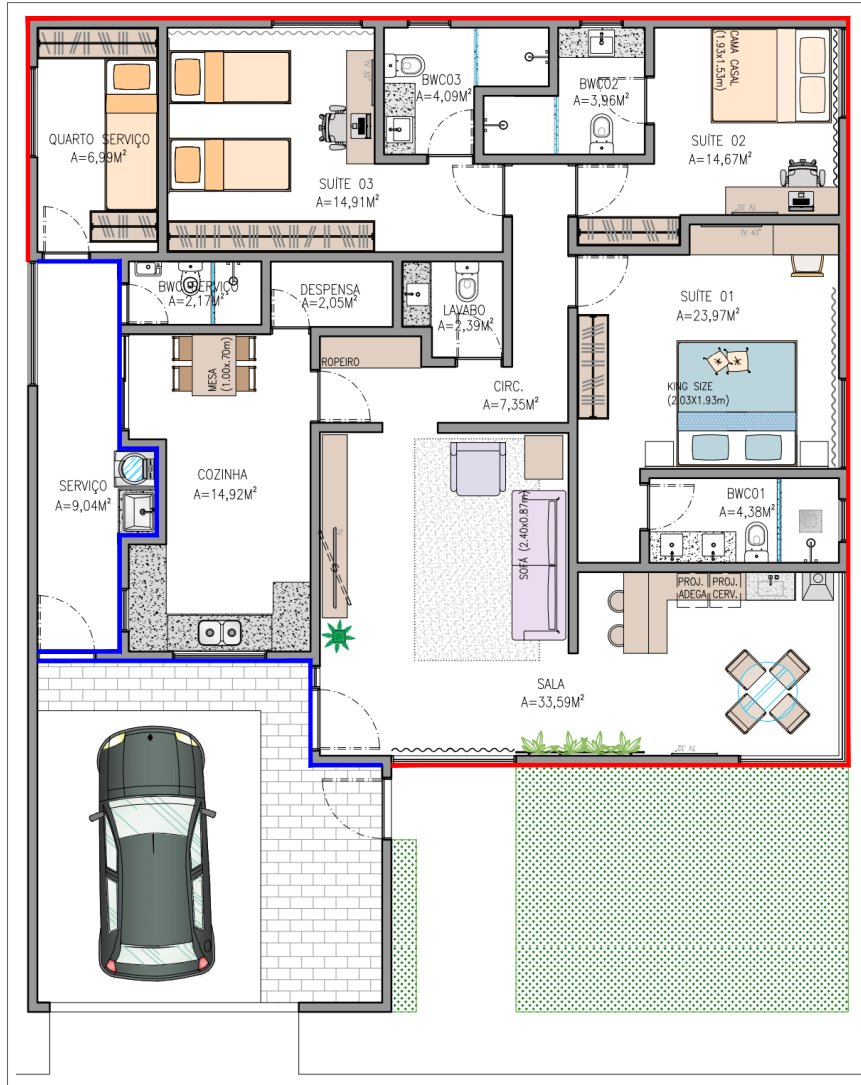
5.4.2 Envolventes e parâmetros térmicos

5.4.2.1 Envolvente exterior e interior

As envolventes podem ser classificadas como envolvente exterior, envolvente interior com requisitos de exterior, envolvente interior com requisitos de interior e envolvente sem requisitos. Para habitação em estudo as envolventes que existem são as envolventes exterior e a interior com requisitos de exterior. A envolvente é um conjunto de elementos construtivos, como paredes, pavimentos, que separam a área interior útil do exterior com

o objetivo de manter condições de conforto térmico. A Figura 26 mostra a delimitação das envoltentes, onde o vermelho é a exterior e o azul a interior:

Figura 26 – Envoltentes



Fonte: O Autor (2021)

5.4.2.2 Coeficiente de redução de perdas

Esse coeficiente é determinado através da equação 5.1 e traduz a redução da transmissão de calor (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013):

$$b_{tr} = (\theta_{int} - \theta_{enu}) / (\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad (5.1)$$

Onde:

- θ_{int} é a temperatura interior, [°C];
- θ_{ext} é a temperatura ambiente exterior, [°C];

- θ_{enu} é a temperatura do local não útil, [°C].

Quando não é possível conhecer com precisão o valor da temperatura do local útil, pode-se ser usado um valor tabelado de b_{tr} em função da taxa de renovação do ar e da razão A_i/A_u .

Onde:

- A_i é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil;
- A_u é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior;
- V_{enu} é o volume do espaço não útil.

Como a garagem e a área de serviço são os dois espaços não úteis, o valor de b_{tr} é apresentado na Tabela 14:

Tabela 14 – Coeficiente de redução de perdas

Local	$A_i(m^2)$	$A_u(m^2)$	A_i/A_u	$V_{enu}(m^3)$	b_{tr}
Serviço	14,274	11,102	1,285714	23,504	0,8
Garagem	7,488	25,792	0,290323	73,5085	1

Fonte: O Autor (2021)

5.4.2.3 Coeficiente de transmissão térmica (U)

O valor do coeficiente U de um elemento, caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes ou meios que este separa. Esse coeficiente é calculado pela Equação 5.2 (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013):

$$U = 1/(R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}) \quad (5.2)$$

Onde:

- R_{si} é a Resistência térmica superficial interior, [m².°C/W];
- R_j é a Resistência térmica da camada i do elemento construtivo, [m².°C/W];
- R_{se} é a Resistência térmica superficial exterior, [m².°C/W].

Os valores dos coeficientes de transmissão térmicas serão os tabelados pelo REH, já que o objetivo deste trabalho é avaliar se uma habitação unifamiliar independente da sua localização e utilizando os valores de referências dos coeficientes do REH, pode manter um nível de eficiência energética adequada. Os coeficientes estão na Tabela 15:

Tabela 15 – Coeficientes de Transmissão Térmica de referência

U_{ref} [W/(m ² .°C)]		Zona Climática					
		Portugal Continental					
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}>0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
com coeficiente de redução de perdas $b_{tr}\leq 0.7$	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U_w)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Fonte: (Portaria n.º 349-B, 2013)

5.4.2.4 Pontes térmicas

É definida como uma zona da envolvente de uma residência em que não é possível considerar a transferência de calor como unidimensional, isso é provocado por:

- materiais com condutividade diferentes na construção;
- geometria variável;
- diferenças entre os tamanhos dos ambientes.

As pontes podem ser classificadas em Pontes Térmicas Planas ou Lineares. As Pontes térmicas planas é caracterizada pela heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente, como pode ser o caso de certos pilares, caixas de estore e talões de viga (SIMÕES, 2007). Pontes térmicas lineares resultam da ligação de dois elementos de diferentes planos, causadas ao longo de um comprimento, como é o caso de interseção de duas paredes (VIOT et al., 2015).

Para o caso de Pontes Térmicas Planas da habitação em estudos é "dispensada a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o coeficiente de transmissão térmica da zona corrente de envolvente.", (Despacho (extrato) n.º 15793-E, 2013), já que não é definida a localização e configurações construtivas dos elementos estruturais.

As Pontes Térmicas Lineares são determinadas através do coeficiente de transmissão térmica linear de referência apresentando na tabela 16, para se tentar obter a maior

eficiência energética. As extensões das ligações dos elementos são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 16 – Coeficientes de Transmissão Térmica linear de referência

Tipo de ligação	ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio ⁽¹⁾ Fachada com varanda ⁽¹⁾	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

Fonte: (Portaria n.º 349-B, 2013)

Tabela 17 – Extensão dos elementos

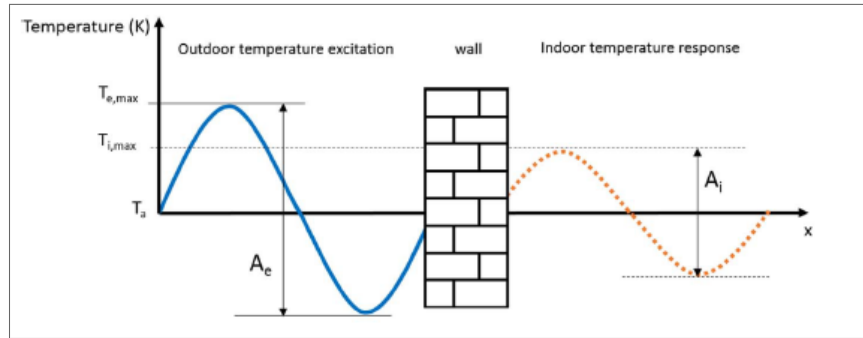
Pontes térmicas lineares	B(m)
Fachada com cobertura	152,73
Fachada com caixilharia	49,98
Caixa de estore	16,66
Paredes vert. Ang. Sal.	33,5
Fachada com pav. Terreo	14,71
Fachada com pav. Sob. Ext ou ENU	10,12

Fonte: O Autor (2021)

5.4.2.5 Inércia térmica

É uma propriedade que controla a variação interna de temperatura de edificações, pois a mesma é relacionada com a transferência de calor entre o ambiente externo e interno, como pode ser visto na Figura 27. Isso demonstra que ela responde pelo conforto das edificações. Uma alta inércia térmica significa que o edifício irá reter boa parte do calor que foi incidido e esse calor só será liberado posteriormente quando a temperatura exterior for menor.

Figura 27 – Esquema representativo do efeito de inércia térmica



Fonte: (VERBEKE; AUDENAERT, 2018)

No inverno a inércia da edificação determina a capacidade de utilização dos ganhos solares e no verão ao influenciar a capacidade da edificação absorver os picos de temperaturas. A capacidade de armazenar calor pode ser usada para absorver os ganhos de calor durante o dia (reduzindo a carga de arrefecimento) e liberá-los à noite (reduzindo a carga de aquecimento). Este parâmetro é muito importante para locais que sofrem grandes amplitudes térmicas em curtos espaços de tempo, como é o caso de Portugal (VERBEKE; AUDENAERT, 2018).

A equação da inércia térmica depende da massa superficial útil por unidade de área útil de pavimento e pode ser calculada pela Equação 5.3 (CAMELO S., 2006):

$$I_t = \sum (M_{si}) \cdot S_i / A_p \quad (5.3)$$

Onde:

- M_{si} é a massa superficial útil do elemento i , [Kg/m²];
- S_i é a área da superfície interna do elemento i , [m²];
- A_p é a área útil do pavimento, [m²].

Como a habitação em estudo foi idealizada tendo paredes grossas e pesadas e possui materiais com boas características térmicas é factível admitir que ela possui uma inércia térmica forte.

5.4.2.6 Fator solar dos vãos envidraçados

Através da Equação 3.11 pode-se calcular o fator solar de inverno considerando as características do vidro duplo incolor com espessura exterior de 4 a 8 mm e a interior com 5 mm, sabendo que $g_{\perp,vi} = 0,75$ (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013).

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi} = 0,9 \times 0,75 = 0,68$$

O fator solar dos vãos envidraçados é calculado pela Equação 5.4 (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013):

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{Tp} \quad (5.4)$$

Onde:

- g_v é o fator solar do envidraçado na estação de arrefecimento;
- F_{mv} é a fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar se encontram totalmente ativos;
- g_T é o fator solar global do vão envidraçado, com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou moveis totalmente ativos;
- g_{Tp} é o fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes ativos.

Para este caso o dispositivo de proteção solar exterior será: Persianas de régua de madeira. A Tabela 18 representa os valores para g_v :

Tabela 18 – Fatores solares dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

Orientação	Fmv	Fw,v	gT,vi	gT	gTp	gi	gv
Norte	0,00	0,80	0,75	0,04	0,60	0,68	0,60
Sul	0,60	0,75	0,75	0,04	0,56	0,68	0,25
Leste	0,60	0,85	0,75	0,04	0,64	0,68	0,28
Oeste	0,60	0,85	0,75	0,04	0,64	0,68	0,28

Fonte: O Autor (2021)

5.4.2.7 Fator de obstrução da radiação solar

O cálculo do fator de obstrução se faz necessário por causa dos diferentes obstáculos que causam sombreamento, por exemplo, vegetação, varandas e consequentemente reduzem a radiação solar incidente. Esse fator resulta na multiplicação de três variáveis, conforme a Equação 5.5 (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013):

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (5.5)$$

Onde:

- F_h é o fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores;
- F_o é o fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;

- F_f é o fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício.

Na Tabela 19 resume-se o fator de obstrução para cada orientação na estação de aquecimento e arrefecimento:

Tabela 19 – Fator de obstrução da radiação solar

Fator de obstrução da radiação solar (Norte)					
Estação de aquecimento			Estação de arrefecimento		
Fh	1,00		Fh	1,00	
F0	1,00		F0	0,97	
Ff	1,00		Ff	1,00	
Fs	1,00		Fs	0,97	
Fator de obstrução da radiação solar (Sul)					
Estação de aquecimento			Estação de arrefecimento		
Fh	0,45		Fh	0,45	
F0	0,59		F0	0,55	
Ff	0,88		Ff	0,87	
Fs	0,23		Fs	0,22	
Fator de obstrução da radiação solar (Leste)					
Estação de aquecimento			Estação de arrefecimento		
Fh	0,58		Fh	0,58	
F0	0,74		F0	0,64	
Ff	1,00		Ff	0,96	
Fs	0,43		Fs	0,36	
Fator de obstrução da radiação solar (Oeste)					
Estação de aquecimento			Estação de arrefecimento		
Fh	0,58		Fh	0,58	
F0	0,74		F0	0,64	
Ff	0,80		Ff	0,93	
Fs	0,34		Fs	0,35	

Fonte: O Autor (2021)

5.4.2.8 Fração envidraçada

Para efeito de cálculo do REH podem ser tomados valores típicos da fração envidraçada para diferentes tipos de caixilharia. Para o caso em estudo será utilizada uma caixilharia de madeira e sem quadrícula, sendo assim o valor de $F_g = 0,65$ (Despacho (extrato)n.º 15793-K, 2013).

5.4.2.9 *Sistemas técnicos*

A produção de água quente sanitária, aquecimento e arrefecimento será realizado por uma caldeira a gás de classe A com uma eficiência de 89% a 92%. Para o sistema de arrefecimento da habitação foi considerado uma unidade split, multi-split e VRF com permuta ar-ar da classe A, o que corresponde a um $ERR = 3,20$. A Taxa nominal horária de renovação do ar interior será utilizado o valor padrão de $R_{ph} = 0,6/h$ (Portaria n.º 349-B, 2013).

Sistema renovável de energia deve seguir os requisitos da Portaria n.º 349-B/2013, onde se faz necessário coletores solares com as seguintes características:

- a) Orientação a Sul e com inclinação de 35° .
- b) Apresentação dos seguintes parâmetros geométricos, óticos e térmicos:
 - planos com área de abertura de $0,65 \text{ m}^2$ por ocupante convencional;
 - rendimento ótico de 73%;
 - coeficientes de perdas térmicas $a_1=4,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $a_2=0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$;
 - modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

6 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta capítulo é realizada uma análise dos dados obtidos , através do sistema de avaliação, para o cálculo da eficiência energética de cada conselho e por fim as considerações finais.

6.1 CONCELHO DE GRANDE PORTO

De acordo com a Tabela 20, verifica-se que apenas o Q_{gi} , que é o ganho bruto na estação de aquecimento, não satisfaz o requisito mínimo regulamentar, visto que seu limite ultrapassa o valor do $Q_{g,i_{ref}}$ de referência. Altos valores de Q_{gi} significam que a residência não está absorvendo muito calor pelos vãos envidraçados ou não existe nenhuma fonte interna de calor. Esses valores influenciam diretamente o N_{ic} , o que significa que a residência precisará de mais energia para satisfazer as necessidades nominais de aquecimento. Mesmo com todos os outros parâmetros dentro do limite regulamentar, a residência tem uma classificação energética B. Isso deve-se ao fato de N_{ic} está muito próximo do limite N_i e AQS está muito próximo do AQS_{ref} , que são os valores de referência. Em uma situação ideal esses valores devem ser bem baixos comparados com o regulamentar, como ocorre com N_{vc} e N_v , sendo o N_v o valor de referência. Quanto menor for o valor comparado com o valor de referência, maior será a eficiência energética da habitação.

Tabela 20 – Resultados do concelho de Grande Porto

Caso 1	Valor	Unidade de Medida
N_{ic}	45,99	KWh/(m ² .ano)
N_i	64,29	KWh/(m ² .ano)
N_{vc}	3,06	KWh/(m ² .ano)
N_v	9,15	KWh/(m ² .ano)
AQS	20,42	KWh/(m ² .ano)
$AQS(ref)$	23,85	KWh/(m ² .ano)
$Q_{g,v}$	3383,45	Kwh
$Q_{g,v(ref)}$	7293,71	Kwh
$Q_{g,i}$	4367,05	Kwh
$Q_{g,i(ref)}$	3043,72	Kwh
N_{tc}	60,76	Kwhep/(m ² .ano)
N_t	100,88	Kwhep/(m ² .ano)
N_{tc}/N_t	0,6023	
Classe Energética	B	

Fonte: O Autor (2021)

6.2 CONCELHO DE MINHO-LIMA

Conforme a Tabela 21, é perceptível que o mesmo parâmetro Q_{gi} não satisfaz o requisito mínimo regulamentar, $Q_{g,i_{ref}}$. Agora pode-se notar que, o valor de N_{ic} é mais elevado

em comparação com o caso do concelho de Grande Porto. Isso ocorre, por causa da diferença de altitude entre eles. A altitude de referência de Grande Porto é 94 m, já a de Minho-Lima é 268 m, em relação ao nível do mar. Mesmo que a altitude não seja o único fator predominante, em alguns casos, quanto maior for a altitude no qual encontra-se o local, mais frio será o clima e a consequência será o aumento da necessidade de energia para aquecer (N_{ic}). Além disso, o valor de N_{vc} de Grande Porto é maior que o de Minho-Lima, pois quanto menor a altitude, mais quente será o clima e mais energia será necessária para o arrefecimento. A classe energética também ficou em B e com a razão N_{tc}/N_t pior que a do caso anterior, por causa da maior necessidade de energia para aquecer que o concelho de Minho-Lima necessita.

Tabela 21 – Resultados do concelho de Minho-Lima

Caso 2	Valor	Unidade de Medida
N_{ic}	57,63	KWh/(m ² .ano)
N_i	79,56	KWh/(m ² .ano)
N_{vc}	2,29	KWh/(m ² .ano)
N_v	9,15	KWh/(m ² .ano)
AQS	20,42	KWh/(m ² .ano)
AQS(ref)	23,85	KWh/(m ² .ano)
$Q_{g,v}$	3241,45	Kwh
$Q_{g,v}(ref)$	7293,71	Kwh
$Q_{g,i}$	5104,35	Kwh
$Q_{g,i}(ref)$	3449,39	Kwh
N_{tc}	72,80	Kwhep/(m ² .ano)
N_t	117,48	Kwhep/(m ² .ano)
N_{tc}/N_t	0,6197	
Classe Energética	B	

Fonte: O Autor (2021)

6.3 CONCELHO DE SERRA DA ESTRELA

Como pode ser visto na Tabela 22, o mesmo problema com parâmetro Q_{gi} acontece aqui. O valor de N_{ic} no concelho de Serra da Estrela é maior que os casos anteriores, por causa que a sua altitude de referência é 553 m, em relação ao nível do mar. Neste caso, a altitude não foi um fator predominante, para que o valor de N_{vc} fosse menor que nos casos anteriores. Deve-se isso ao fato que a temperatura no verão em Serra da Estrela é maior em comparação com a de Grande Porto e Minho-Lima, sendo assim necessário uma maior quantidade de energia para arrefecimento(N_{vc}). O concelho de Serra da Estrela também recebeu uma classificação energética igual a B e teve sua razão N_{tc}/N_t pior que as dos casos anteriores, graças ao alto valor de N_{ic} e N_{vc} .

Tabela 22 – Resultados do concelho de Serra da Estrela

Caso 3	Valor	Unidade de Medida
Nic	62,38	KWh/(m ² .ano)
Ni	85,93	KWh/(m ² .ano)
Nvc	3,09	KWh/(m ² .ano)
Nv	9,15	KWh/(m ² .ano)
AQS	20,42	KWh/(m ² .ano)
AQS(ref)	23,85	KWh/(m ² .ano)
Qg,v	3109,56	Kwh
Qg,v(ref)	7293,71	Kwh
Qg,i	5409,01	Kwh
Qg,i(ref)	3591,06	Kwh
Ntc	78,59	Kwhep/(m ² .ano)
Nt	124,4	Kwhep/(m ² .ano)
Ntc/Nt	0,6318	
Classe Energética	B	

Fonte: O Autor (2021)

6.4 CONCELHO DE REGIÃO AUTÔNOMA MADEIRA

Este caso é o que possui a melhor razão N_{tc}/N_t , mas mesmo assim tem uma classe energética B, como pode ser visto na Tabela 23. O problema do Q_{gi} também ocorre aqui. A causa dele ter uma melhor razão é a baixa necessidade de energia para aquecimento (N_{ic}) e arrefecimento (N_{vc}). Mesmo que o valor de N_{ic} esteja muito próximo do seu valor de referência, N_i , por causa do seu verão quente e seco, ambos os valores são menores em comparação com os outros casos. Além do mais, o valor de N_{vc} comparado com N_v não é tão relevante, graças ao seu inverno suave e úmido.

Tabela 23 – Resultados do concelho da Região Autónoma Madeira

Caso 4	Valor	Unidade de Medida
Nic	23,34	KWh/(m ² .ano)
Ni	30,63	KWh/(m ² .ano)
Nvc	1,00	KWh/(m ² .ano)
Nv	9,15	KWh/(m ² .ano)
AQS	20,42	KWh/(m ² .ano)
AQS(ref)	23,85	KWh/(m ² .ano)
Qg,v	2895,6	Kwh
Qg,v(ref)	7293,71	Kwh
Qg,i	2072,37	Kwh
Qg,i(ref)	1765,87	Kwh
Ntc	34,53	Kwhep/(m ² .ano)
Nt	64,29	Kwhep/(m ² .ano)
Ntc/Nt	0,5371	
Classe Energética	B	

Fonte: O Autor (2021)

6.5 CONCELHO DE LEZÍRIA DO TEJO

Este concelho teve uma classificação energética B, mas foi o pior com a razão N_{tc}/N_t , como pode ser observado na Tabela 24. Além do problema do Q_{gi} , este concelho possui uma alta temperatura no verão, em consequência de ter sua altitude de referência mais próxima ao nível do mar, sendo assim necessária bastante energia para arrefecimento (N_{vc}). Por causa dessa característica, o seu valor N_{vc} , passou o valor de referência N_v , deixando assim ele com a pior razão.

Tabela 24 – Resultados do concelho de Lezíria do Tejo

Caso 5	Valor	Unidade de Medida
Nic	42,37	KWh/(m ² .ano)
Ni	58,46	KWh/(m ² .ano)
Nvc	11,52	KWh/(m ² .ano)
Nv	9,15	KWh/(m ² .ano)
AQS	20,42	KWh/(m ² .ano)
AQS(ref)	23,85	KWh/(m ² .ano)
Qg,v	3430,15	Kwh
Qg,v(ref)	7293,71	Kwh
Qg,i	3877,8	Kwh
Qg,i(ref)	2743,2	Kwh
Ntc	63,43	Kwhep/(m ² .ano)
Nt	94,55	Kwhep/(m ² .ano)
Ntc/Nt	0,6709	
Classe Energética	B	

Fonte: O Autor (2021)

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou os resultados dos diversos cenários propostos para a residência idealizada. Expôs que mesmo utilizando os valores de referências dos coeficientes de transmissão de cada concelho, a edificação obteve uma classe energética B. Com isso, é possível notar que, a mesma residência não pode ser aplicada em locais diferentes e que existem diversos fatores que devem ser levados em considerações como, por exemplo, a posição das janelas, orientação solar da casa, área coberta.

Em todos os casos o valor de Q_{gi} foi maior que o regulamentar, isso deve-se ao fato que talvez a quantidade de janelas, a área das janelas ou até a sua posição não estejam na melhor configuração, assim ocasionando um alto valor de Q_{gi} e uma maior necessidade de energia gasta para aquecimento do ambiente, devido a falta de aproveitamento da radiação solar. Por fim, vale ressaltar que, mesmo com a diferença entre a razão N_{tc}/N_t de cada conselho, sendo pequena, em algumas situações uma melhoria de 6% pode-se traduzir numa alteração de classe energética, como é o caso do Concelho de Região Autónoma Madeira. Caso a razão dele diminua 6%, ele passa a ter uma classificação A, considerada

uma classe energética melhor que a obtida B, segundo o REH.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

O sistema de avaliação desenvolvido em *Python* para analisar a norma, demonstrou que seguir apenas os valores de referência não garante a melhor eficiência energética da residência. Utilizar elementos padrões, materiais fixos não vão servir para que todas as edificações tenham uma eficiência máxima. Para que a norma seja usada corretamente é preciso ser aplicado algumas adequações ou até mesmo uma maior flexibilização na sua utilização.

O avaliador desenvolvido serve como um instrumento para mediação entre o cliente e o engenheiro ou arquiteto responsável, já que o sistema de avaliação traz uma análise prévia dos pontos que podem ser melhorados antes da construção, para obter-se uma maior eficiência. Como exemplo, os resultados mostrados no capítulo anterior trouxeram que o clima, a orientação, localização, são fatores que influenciam o cálculo da eficiência.

No estudo de caso do Capítulo 6 existem possíveis locais que podem ser melhorados como, por exemplo, alterando as configurações das janelas, tamanho, pois as áreas envidraçadas são responsáveis por ganhos solares indesejados, assim sobreaquecendo a habitação, o que acarreta um maior consumo de energia para arrefecer o ambiente. O sistema de avaliação pode servir para sugestões ou indicações deste tipo melhoria.

O desenvolvimento deste sistema auxilia a norma e pode subsidia os conclhos de engenharia para uma melhor avaliação das regras aplicadas e que apesar das normas trazerem valores que julgam garantir a melhor eficiência, as premissas básicas para os projetos arquitetônicos como, as particularidades climáticas, precisam ser levadas em conta e tem uma grande importância na concepção do projeto, deixando claro que não é apenas seguir a norma, é necessário algumas ponderações como, por exemplo, não utilizar uma temperatura média para o verão e para inverno como a norma solicita.

A importância com o cálculo da eficiência não é apenas voltado para a economia de energia, o conforto térmico assume cada vez mais um papel relevante nas vidas das pessoas e pode ser satisfeito sem o uso excessivo de energia. Para isso o trabalho em conjunto do sistema de avaliação e a norma pode garantir uma maior eficiência energética do projeto.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade a este trabalho, sugerem-se os seguintes pontos:

- implementação de Addon em Cads livres integrando o conhecimento do projeto;
- implementar extensão do sistema de forma sincronizar o sistema em tempo real como

elementos da geografia física e demográfica, de forma realizar correções e tempo real dos coeficientes;

- simulação de mudança de materiais e geometrias arquitetônicas buscando a relação ótima para as especificações de cada concelho.

REFERÊNCIAS

ACEPE. *O RCCTE*. 2008. Disponível em: <<https://acepe.pt/o-rccte/>>.

ADENE. *Estudo de mercado no âmbito das campanhas de sensibilização e de promoção da eficiência energética na Habitação Particular*. [S.l.], 2017. 1–77 p. Disponível em: <https://www.adene.pt/wp-content/uploads/2019/08/ADENE{_}vaga-1{_}Relat{ó}ri>.

AKTEMUR, C.; ATIKOL, U. Optimum Insulation Thickness for the Exterior Walls of Buildings in Turkey Based on Different Materials, Energy Sources and Climate Regions. *International Journal of Engineering Technologies IJET*, v. 3, n. 2, p. 72–82, 2017. ISSN 2149-0104.

ANDRADE, A. P. *O que é Flask ?* 2019. Disponível em: <<https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-flask/>>.

ANDRADE, A. P. *O que é um micro-framework ?* 2019. Disponível em: <<https://www.treinaweb.com.br/blog/o-que-e-um-micro-framework/>>.

ARAÚJO, C.; ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L. Analysis of some Portuguese thermal regulation parameters. *Energy and Buildings*, v. 58, p. 141–150, 2013. ISSN 03787788.

BARDI, L. B. *Instituto Bardi Casa de Vidro*. 1 p.

BPIE. *Factsheet 97% of Buildings in the EU Need to be Upgraded*. [S.l.], 2017. 2 p. Disponível em: <http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/12/State-of-the-building-stock-briefing{_}Dic6>.

CAMELO S., S. C. R. A. H. C. G. H. M. *Manual de Apoio à Aplicação do RCCTE*. 2006.

Comissão Europeia. *Energy performance of buildings directive*. 2019. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive{_}>.

COUTINHO, R. N. *RELAÇÃO ENTRE O REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO COM O CONCEITO DE EDIFÍCIO COM NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA*. 1–330 p. Tese (Doutorado) — Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

Decreto-Lei n.º 118/2013. MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO. *Diário da República*, v. 159, p. 4988–5005, 2013.

Decreto-lei n.º 118/98. MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO, DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO. 2114–2129 p. Disponível em: <<https://dre.pt/application/conteudo/517194>>.

Decreto-Lei n.º 40/90. *Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações*. 1990. 490–504 p. Disponível em: <<https://dre.pt/application/conteudo/334611>>.

Decreto-Lei n.º 68-A/2015. MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA. 2015. 51 p. Disponível em: <<https://dre.pt/home/-/dre/67123272/details/maximized>>.

Decreto-Lei n.º 78/2006. Ministério da Economia e da Inovação. *Diário da República*, v. 67, p. 2–6, 2006.

Decreto-lei n.º 79/2006. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. *Diário da República*, v. 67, p. 2416–2468, 2006.

Decreto-lei n.º 80/2006. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. *Diário da República*, v. 67, p. 2468–2513, 2006.

Departamento de Energia dos Estados Unidos. *EnergyPlus*. 2021. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>.

Despacho (extrato) n.º 15793-E. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia*. 2013. 14–25 p. Disponível em: <[Despacho \(extrato\) n.º 15793-F. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia*. 2013. 26–31 p.](https://dre.pt/pesquisa-avancada/-/asearch/2975218/details/maximized?serie=II{&}search=Pesquisar{&}ano=2013{&}print{_}preview=print-preview{&}perPage=100{&}typ>.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Despacho (extrato) n.º 15793-I. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia*. 2013. 41–54 p. Disponível em: <<https://dre.tretas.org/dre/313430/despacho-extracto-15793-I-2013-de-3-de-dezembro>>.

Despacho (extrato) n.º 15793-J. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia*. 2013. 55–57 p. Disponível em: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa-avancada/-/asearch/2975223/details/normal?serie=II{&}search=Pesquisar{&}ano=2013{&}perPage=100{&}types=DR{&}{_}advancedPublicSearch{_}WAR{_}drefrontof>.

Despacho (extrato)n.º 15793-K. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia*. 2013. 58–87 p. Disponível em: <<https://dre.pt/home/-/dre/2975224/details/maximized>>.

Direção-Geral de Energia e Geologia. *BALANÇO ENERGÉTICO*. 2018. 1–16 p. Disponível em: <<https://www.apren.pt/contents/publicationsothers/balanco-energetico-sintetico-2018.pdf>>.

Direção-Geral de Energia e Geologia. *BALANÇO ENERGÉTICO*. 2020. 1–149 p. Disponível em: <<https://www.apren.pt/contents/publicationsothers/balanco-energetico-sintetico-2018.pdf>>.

Diretiva 2002/91/CE. Desempenho energético de edifícios. *Jornal Oficial da União Europeia*, n. 11, p. 13–35, 2002. ISSN 1537-4416, 1537-4416.

FERREIRA, J.; PINHEIRO, M. In search of better energy performance in the Portuguese buildings-The case of the Portuguese regulation. *Energy Policy*, Elsevier, v. 39, n. 12, p. 7666–7683, 2011. ISSN 03014215. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.062>>.

FOUDA, A.; MELIKYAN, Z. Assessment of a modified method for determining the cooling load of residential buildings. *Energy*, Elsevier Ltd, v. 35, n. 12, p. 4726–4730, 2010. ISSN 03605442. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.022>>.

FREITAS, V. P. de. *Edifícios de habitação com necessidades quase nulas de energia e aplicação da Portaria n.º 98/2019 a partir de 1 de janeiro de 2021*. 2020. Disponível em: <[GAMA, A. *O que é json ?* 2011. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/o-que-e-json/23166>>.](http://www.construcaomagazine.pt/noticias/edificios-habitacao-necessidades-quase-nulas-energia-portaria-98/{\#}:{~}:text=janeirode2021-,Edif{í}ciosdehabita{ç}{~}{a}}ocomnecessidadesquasenulasdeenergiae,1dejaneirode2021{&}text=Oartigo16.{ç}.>></p>
</div>
<div data-bbox=)

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. 2008.

MALINOVSKI, J. R. *COSECHA DE MADERA PARA FINES ENERGÉTICOS*. 2015. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/9358770-Cosecha-de-madera-para-fines-energeticos-jorge-roberto-malinovski.html>>.

MARCHAIS, J.-J. *Economias permanentes mediante Eficiência Energética Ativa*. Schneider. São Paulo: Schneider Electric SAS, 2011. 1–22 p.

MOREIRA, P. D. J. R. S. *PME – 2361 Processos de Transferência de Calor*. 2012. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/pme/sisea/Portugues/disciplinas/ApostilaPME2361/Aulas1-11-Condu{ç}>>>.

NUNES, P.; LERER, M. M.; Carrilho Da Graça, G. Energy certification of existing office buildings: Analysis of two case studies and qualitative reflection. *Sustainable Cities and Society*, v. 9, p. 81–95, 2013. ISSN 22106707.

Parlamento Europeu. *PNAEE*. 2006. Disponível em: <<https://www.pnaee.pt/pnaee/{\#}metaspn>>.

POPKOVA, E. G.; SERGI, B. S. Energy efficiency in leading emerging and developed countries. *Energy*, p. 119730, 2021. ISSN 0360-5442. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220328371>>.

Portaria n.º 349-B. *Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia*. 2013. 18–29 p. Disponível em: <<https://dre.pt/home/-/dre/647290/details/maximized>>.

Portugal Energia. *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética*. Portugal: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt{_}neep{_}2017{ç}.>>

PROCEL EDIFICA. *MANUAL DO USUÁRIO - DOMUS*. 2012. 1–67 p.

SIMÕES, N. *Apostamentos da disciplina Física das Construções*. 2007.

STANIASZEK, D. *Renovation strategies of selected EU countries*. União Europeia, 2014. 1–68 p. Disponível em: <<http://bpie.eu/publication/renovation-strategies-of-selected-eu-countries/>>.

STAZI, F.; BONFIGLI, C.; TOMASSONI, E.; Di Perna, C.; MUNAFÒ, P. The effect of high thermal insulation on high thermal mass: Is the dynamic behaviour of traditional envelopes in Mediterranean climates still possible? *Energy and Buildings*, Elsevier B.V., v. 88, p. 367–383, 2015. ISSN 03787788. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.056>>.

VERBEKE, S.; AUDENAERT, A. Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier Ltd, v. 82, n. November 2016, p. 2300–2318, 2018. ISSN 18790690. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.083>>.

VIOT, H.; SEMPEY, A.; PAULY, M.; MORA, L. Comparison of different methods for calculating thermal bridges: Application to wood-frame buildings. *Building and Environment*, Elsevier Ltd, v. 93, n. P2, p. 339–348, 2015. ISSN 03601323. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.07.017>>.

APÊNDICE A – CÓDIGO PYTHON PARA O CÁLCULO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Listing A.1 – Código em linguagem de programação Python

```

1  from flask import Flask, request # Importa a biblioteca
3  import jsonpickle
   import math
5
   app = Flask(__name__) # Inicializa a aplicacao
7
9  @app.route('/', methods=['GET']) # Nova rota
   def main():
11 with open('dados_atualizados_dissertacao.json', 'r') as arquivo:
   conteudo = arquivo.read()
13 ret = jsonpickle.decode(conteudo)

15 """
   ***Calculo das necessidades nominais anuais de energia primaria***
17 """

19 # TRANSFERENCIA DE CALOR POR TRANSMISSAO
   # A.1 Envolvente Exterior
21
   # Paredes Exteriores
23 Soma_paredes_exteriores = 0
   i1 = ret['numeros_paredes']
25 for n in range(0, i1):
   area_paredes_x_U_paredes = ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['comprimento_paredes'] *
       ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['altura_paredes'] * ret['Paredes_Exteriores']
       [0 + n]['U_paredes']
27 Soma_paredes_exteriores = Soma_paredes_exteriores + area_paredes_x_U_paredes

29 # Pavimento em Contato com o Exterior
   Soma_pavimento_contato_exterior = 0
31 i11 = ret['numeros_pavimento_contato_exterior']
   for n14 in range(0, i11):
33 area_pavimento_x_UA_pavimento = ret['Pavimento_Contato_Exterior'][0 + n14]['
       comprimento_pavimento'] * ret['Pavimento_Contato_Exterior'][0 + n14]['
       largura_pavimento'] * ret['Pavimento_Contato_Exterior'][0 + n14]['U_pavimento']
   Soma_pavimento_contato_exterior = Soma_pavimento_contato_exterior +
       area_pavimento_x_UA_pavimento
35
   # Cobertura em Contato com o Exterior
37 Soma_cobertura_contato_exterior = 0
   i2 = ret['numeros_cobertura_contato_exterior']
39 for n1 in range(0, i2):
   area_cobertura_x_UA_cobertura = ret['Cobertura_Contato_Exterior'][0 + n1]['
       comprimento_cobertura'] * ret['Cobertura_Contato_Exterior'][0 + n1]['
       largura_cobertura'] * ret['Cobertura_Contato_Exterior'][0 + n1]['U_cobertura']
41 Soma_cobertura_contato_exterior = Soma_cobertura_contato_exterior +
       area_cobertura_x_UA_cobertura

```

```

43 # Vaos Envidracados Exteriores
    Soma_vao_envidracados_exteriores = 0
45 i3 = ret['numeros_vaos_envid_exteriores']
    for n2 in range(0, i3):
47 area_x_UA = ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['comprimento'] * ret['
        Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['altura'] * ret['
        Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['U']
    Soma_vao_envidracados_exteriores = Soma_vao_envidracados_exteriores + area_x_UA
49
    # Vaos Opacos Exteriores
51 Soma_vao_opacos_exteriores = 0
    i4 = ret['numeros_vaos_opacos_ext']
53 for n3 in range(0, i4):
    area_porta_de_entrada_x_UA = ret['Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n3]['
        largura_porta_entrada'] * ret['Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n3]['
        altura_porta_entrada'] * ret['Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n3]['
        U_porta_de_entrada']
55 Soma_vao_opacos_exteriores = Soma_vao_opacos_exteriores + area_porta_de_entrada_x_UA

57 # Pontes Termicas Lineares
    Soma_pontes_termicas_lineares = 0
59 i5 = ret['numeros_pontes_termicas_lineares']
    for n4 in range(0, i5):
61 fi_x_comp = ret['Pontes_Termicas_Lineares'][0 + n4]['comp_B'] * ret['
        Pontes_Termicas_Lineares'][0 + n4]['fi']
    Soma_pontes_termicas_lineares = Soma_pontes_termicas_lineares + fi_x_comp
63
    Hext = Soma_parades_exteriores + Soma_cobertura_contato_exterior +
        Soma_vao_envidracados_exteriores + Soma_vao_opacos_exteriores +
        Soma_pontes_termicas_lineares + Soma_pavimento_contato_exterior
65
    # A.2 Envolvente Interior
67
    # Paredes em Contato com Espacos Nao-uteis
69 Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis = 0
    i6 = ret['numeros_paredes_contato_espacos_nao_uteis']
71 for n5 in range(0, i6):
    Uab_pcenu = ret['Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['comprimento'] * ret['
        Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['largura'] * ret['
        Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['U'] * ret['
        Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['btr']
73 Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis = Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis +
    Uab_pcenu

75 # Paredes em Contato com Edificio Adjacente
    Soma_paredes_contato_edificio_adjacente = 0
77 i7 = ret['numeros_paredes_cont_edf_adj']
    for n6 in range(0, i7):
79 UAb_parede = ret['Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['comprimento_parede']
        * ret['Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['altura_parede'] * ret['
        Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['U_parede'] * ret['
        Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['btr_parede']
    Soma_paredes_contato_edificio_adjacente = Soma_paredes_contato_edificio_adjacente +
    UAb_parede
81
    # Pavimentos sobre Espacos nao uteis
83 Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis = 0

```

```

i8 = ret['numeros_pav_sobr_espacos_nao_uteis']
85 for n7 in range(0, i8):
    UAb_penu = ret['Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['comprimento'] * ret['
        Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['largura'] * ret['
        Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['U'] * ret['
        Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['btr']
87 Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis = Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis + UAb_penu

89 # Coberturas interiores (sob espacos nao uteis)
    Soma_cober_int_espacos_nao_uteis = 0
91 i12 = ret['numeros_cob_int_espac_nao_uteis']
    for n15 in range(0, i12):
93 UAb_cienue = ret['Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['comprimento'] *
        ret['Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['largura'] * ret['
        Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['U'] * ret['
        Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['btr']
    Soma_cober_int_espacos_nao_uteis = Soma_cober_int_espacos_nao_uteis + UAb_cienue
95
    # Vaos em contato com espacos nao uteis
97 Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis = 0
    i13 = ret['numeros_vao_cont_esp_nao_uteis']
99 for n16 in range(0, i13):
    UAb_vcenu = ret['Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['comprimento'] * ret['
        Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['largura'] * ret['Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 +
        n16]['U'] * ret['Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['btr']
101 Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis = Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis + UAb_vcenu

103 # Vaos em contato com solarios, marquises, jardins de inverno etc
    Soma_vao_contato_solario_etc = 0
105 i14 = ret['numeros_vao_cont_solario_etc']
    for n17 in range(0, i14):
107 UAb_vcse = ret['Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['comprimento'] * ret['
        Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['largura'] * ret['Vao_cont_solario_etc'][0 + n17
        ]['U'] * ret['Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['btr']
    Soma_vao_contato_solario_etc = Soma_vao_contato_solario_etc + UAb_vcse
109
    # Pontes termicas lineares (caso particular)
111 Soma_pontes_termica_lineares_caso_particular = 0
    i15 = ret['numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular']
113 for n18 in range(0, i15):
    UAsi_ptlcp = ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n18]['comprimento']
        * ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n18]['largura'] * ret['
        Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n18]['si'] * ret['
        Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n17]['btr']
115 Soma_pontes_termica_lineares_caso_particular =
        Soma_pontes_termica_lineares_caso_particular + UAsi_ptlcp

117 Hadj = Soma_paredes_contato_edificio_adjacente
    Henu = Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis + Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis +
        Soma_cober_int_espacos_nao_uteis + Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis +
        Soma_vao_contato_solario_etc + Soma_pontes_termica_lineares_caso_particular
119
    # A.3 Elementos em Contato com o Solo
121
    # Paredes Enterradas
123 Soma_paredes = 0
    i9 = ret['numeros_paredes_contato_solo']

```

```

125 for n8 in range(0, i9):
    AU_pe = ret['Paredes_enterradas'][0 + n8]['comp_acesso_entrada_1'] * ret['
        Paredes_enterradas'][0 + n8]['altura_acesso_entrada_1'] * ret['
        Paredes_enterradas'][0 + n8]['U_acesso_entrada_1']
127 Soma_paredes = Soma_paredes + AU_pe

129 # Pavimentos Enterrados
    Soma_pavimentos_enterrados = 0
131 i10 = ret['numeros_pavimentos_enterrados']
    for n9 in range(0, i10):
133 AU_acesso_entrada_2 = ret['Pavimentos_Enterrados'][0 + n9]['comp_acesso_entrada_2']
        * ret['Pavimentos_Enterrados'][0 + n9]['altura_acesso_entrada_2'] * ret['
        Pavimentos_Enterrados'][0 + n9]['U_acesso_entrada_2']
    Soma_pavimentos_enterrados = Soma_pavimentos_enterrados + AU_acesso_entrada_2
135
    # Pavimentos terreatos
137 soma_pavimentos_terreatos = 0
    i16 = ret['numeros_pavimentos_terreatos']
139 for n19 in range(0, i16):
    AU_pav_terreato = ret['Pavimentos_Terreato'][0 + n19]['comp'] * ret['Pavimentos_Terreato'
        ][0 + n19]['altura'] * ret['Pavimentos_Terreato'][0 + n19]['U']
141 soma_pavimentos_terreatos = soma_pavimentos_terreatos + AU_pav_terreato

143 Hecs = Soma_paredes + Soma_pavimentos_enterrados + soma_pavimentos_terreatos

145 # A.4 Coef. Transferencia de Calor por Transmissao na Est. de Aquecimento
    Htr_i_transmissao_aquecimento = Hext + Henu + Hadj + Hecs
147
    # E.2 Transferencia de Calor por Transmissao
149 Qtr_i = 0.024 * ret['Dados_Gerais']['GD'] * Htr_i_transmissao_aquecimento

151
    # A.5 Coef. Transferencia de Calor por Transmissao na Est. de Arrefecimento
153 Htr_i_transmissao_arrefecimento = Hext + Henu + Hecs

155 # TRANSFERENCIA DE CALOR POR TRANSMISSAO DE REFERENCIA
    # A.6 Envoltente Exterior
157
    # Paredes Exteriores
159 Soma_paredes_exteriores_ref = 0
    i1 = ret['numeros_paredes']
161 for n in range(0, i1):
    area_paredes_x_U_paredes_ref = ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['comprimento_paredes
        '] * ret['Paredes_Exteriores'][0 + n]['altura_paredes'] * ret['
        Paredes_Exteriores_Uref'][0 + n]['Uref_paredes']
163 Soma_paredes_exteriores_ref = Soma_paredes_exteriores_ref +
        area_paredes_x_U_paredes_ref

165 # Pavimento em Contato com o Exterior
    Soma_pavimento_contato_exterior_ref = 0
167 i11 = ret['numeros_pavimento_contato_exterior']
    for n14 in range(0, i11):
169 area_pavimento_x_UA_pavimento_ref = ret['Pavimento_Contato_Exterior'][0 + n14]['
        comprimento_pavimento'] * ret['Pavimento_Contato_Exterior'][0 + n14]['
        largura_pavimento'] * ret['Pavimento_Contato_Exterior_Uref'][0 + n14]['
        Uref_pavimento']
    Soma_pavimento_contato_exterior_ref = Soma_pavimento_contato_exterior_ref +

```

```

        area_pavimento_x_UA_pavimento_ref
171
    # Cobertura em Contato com o Exterior
173 Soma_cobertura_contato_exterior_ref = 0
    i2 = ret['numeros_cobertura_contato_exterior']
175 for n1 in range(0, i2):
        area_cobertura_x_UA_cobertura_ref = ret['Cobertura_Contato_Exterior'][0 + n1]['
            comprimento_cobertura'] * ret['Cobertura_Contato_Exterior'][0 + n1]['
            largura_cobertura'] * ret['Cobertura_Contato_Exterior_Uref'][0 + n1]['
            Uref_cobertura']
177 Soma_cobertura_contato_exterior_ref = Soma_cobertura_contato_exterior_ref +
        area_cobertura_x_UA_cobertura_ref

179 # Vao Envidracados Exteriores
    Soma_vao_envidracados_exteriores_ref = 0
181 i3 = ret['numeros_vaos_envid_exteriores']
    for n2 in range(0, i3):
183 area_x_UA_ref = ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['comprimento'] * ret['
        Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['altura'] * ret['
        Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref'][0 + n2]['Uref']
        Soma_vao_envidracados_exteriores_ref = Soma_vao_envidracados_exteriores_ref +
            area_x_UA_ref

185
    # Vaos Opacos Exteriores
187 Soma_vao_opacos_exteriores_ref = 0
    i4 = ret['numeros_vaos_opacos_ext']
189 for n3 in range(0, i4):
        area_porta_de_entrada_x_UA_ref = ret['Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n3]['
            largura_porta_entrada'] * ret['Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n3]['
            altura_porta_entrada'] * ret['Vaos_Opacos_Exteriores_Uref'][0 + n3]['
            Uref_porta_de_entrada']
191 Soma_vao_opacos_exteriores_ref = Soma_vao_opacos_exteriores_ref +
        area_porta_de_entrada_x_UA_ref

193 # Pontes Termicas Lineares
    Soma_pontes_termicas_lineares_ref = 0
195 i5 = ret['numeros_pontes_termicas_lineares']
    for n4 in range(0, i5):
197 fi_x_comp_ref = ret['Pontes_Termicas_Lineares'][0 + n4]['comp_B'] * ret['
        Pontes_Termicas_Lineares_firef'][0 + n4]['firef']
        Soma_pontes_termicas_lineares_ref = Soma_pontes_termicas_lineares_ref +
            fi_x_comp_ref

199
    Hext_ref = Soma_parades_exteriores_ref + Soma_cobertura_contato_exterior_ref +
        Soma_vao_envidracados_exteriores_ref + Soma_vao_opacos_exteriores_ref +
        Soma_pontes_termicas_lineares_ref + Soma_pavimento_contato_exterior_ref

201
    # A.7 Envolvente Interior
203
    # Paredes em Contato com Espacos Nao-uteis
205 Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis_ref = 0
    i6 = ret['numeros_paredes_contato_espacos_nao_uteis']
207 for n5 in range(0, i6):
        Uab_pcenu_ref = ret['Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['comprimento'] *
            ret['Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['largura'] * ret['
            Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref'][0 + n5]['Uref'] * ret['
            Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n5]['btr']

```

```

209 Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis_ref =
    Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis_ref + Uab_pcenu_ref

211 # Paredes em Contato com Edificio Adjacente
    Soma_paredes_contato_edificio_adjacente_ref = 0
213 i7 = ret['numeros_paredes_cont_edf_adj']
    for n6 in range(0, i7):
215 UAb_parede_ref = ret['Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['
        comprimento_parede'] * ret['Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['
        altura_parede'] * ret['Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref'][0 + n6]['
        Uref_parede'] * ret['Paredes_Contato_Edificio_Adjacente'][0 + n6]['btr_parede']
    Soma_paredes_contato_edificio_adjacente_ref =
        Soma_paredes_contato_edificio_adjacente_ref + UAb_parede_ref

217
    # Pavimentos sobre Espacos nao uteis
219 Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis_ref = 0
    i8 = ret['numeros_pav_sobr_espacos_nao_uteis']
221 for n7 in range(0, i8):
    UAb_penu_ref = ret['Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['comprimento'] *
        ret['Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['largura'] * ret['
        Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref'][0 + n7]['Uref'] * ret['
        Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n7]['btr']
223 Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis_ref = Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis_ref +
        UAb_penu_ref

225 # Coberturas interiores (sob espacos nao uteis)
    Soma_cober_int_espacos_nao_uteis_ref = 0
227 i12 = ret['numeros_cob_int_espac_nao_uteis']
    for n15 in range(0, i12):
229 UAb_cienue_ref = ret['Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['comprimento']
        * ret['Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['largura'] * ret['
        Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref'][0 + n15]['Uref'] * ret['
        Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis'][0 + n15]['btr']
    Soma_cober_int_espacos_nao_uteis_ref = Soma_cober_int_espacos_nao_uteis_ref +
        UAb_cienue_ref

231
    # Vaos em contato com espacos nao uteis
233 Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis_ref = 0
    i13 = ret['numeros_vao_cont_esp_nao_uteis']
235 for n16 in range(0, i13):
    UAb_vcenu_ref = ret['Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['comprimento'] * ret['
        Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['largura'] * ret['Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref']
        ][0 + n16]['Uref'] * ret['Vao_cont_esp_nao_uteis'][0 + n16]['btr']
237 Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis_ref = Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis_ref +
        UAb_vcenu_ref

239 # Vaos em contato com solarios, marquises, jardins de inverno etc
    Soma_vao_contato_solario_etc_ref = 0
241 i14 = ret['numeros_vao_cont_solario_etc']
    for n17 in range(0, i14):
243 UAb_vcse_ref = ret['Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['comprimento'] * ret['
        Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['largura'] * ret['Vao_cont_solario_etc_Uref'][0
        + n17]['Uref'] * ret['Vao_cont_solario_etc'][0 + n17]['btr']
    Soma_vao_contato_solario_etc_ref = Soma_vao_contato_solario_etc_ref + UAb_vcse_ref

245
    # Pontes termicas lineares (caso particular)
247 soma_pontes_termica_lineares_caso_particular_ref = 0

```

```

i15 = ret['numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular']
249 for n18 in range(0, i15):
    UAsi_ptlcp_ref = ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n18]['
        comprimento'] * ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n18]['largura
        '] * ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref'][0 + n18]['siref'] *
        ret['Pontes_termica_lineares_caso_particular'][0 + n17]['btr']
251 soma_pontes_termica_lineares_caso_particular_ref =
    soma_pontes_termica_lineares_caso_particular_ref + UAsi_ptlcp_ref

253 Hadj_ref = Soma_paredes_contato_edificio_adjacente_ref
Henu_ref = Soma_paredes_contato_espacos_nao_uteis_ref +
    Soma_pavimentos_espacos_nao_uteis_ref + Soma_cober_int_espacos_nao_uteis_ref +
    Soma_vao_contato_espacos_nao_uteis_ref + Soma_vao_contato_solario_etc_ref +
    soma_pontes_termica_lineares_caso_particular_ref

255 # A.8 Elementos em Contato com o Solo
257 # Paredes Enterradas
259 Soma_paredes_ref = 0
i9 = ret['numeros_paredes_contato_solo']
261 for n8 in range(0, i9):
    AU_pe_ref = ret['Paredes_enterradas'][0 + n8]['comp_acesso_entrada_1'] * ret['
        Paredes_enterradas'][0 + n8]['altura_acesso_entrada_1'] * ret['
        Paredes_Enterradas_Uref'][0 + n8]['Uref_acesso_entrada_1']
263 Soma_paredes_ref = Soma_paredes_ref + AU_pe_ref

265 # Pavimentos Enterrados
Soma_pavimentos_enterrados_ref = 0
267 i10 = ret['numeros_pavimentos_enterrados']
for n9 in range(0, i10):
269 AU_acesso_entrada_2_ref = ret['Pavimentos_Enterrados'][0 + n9]['
    comp_acesso_entrada_2'] * ret['Pavimentos_Enterrados'][0 + n9]['
    altura_acesso_entrada_2'] * ret['Pavimentos_Enterrados_Uref'][0 + n9]['
    Uref_acesso_entrada_2']
    Soma_pavimentos_enterrados_ref = Soma_pavimentos_enterrados_ref +
        AU_acesso_entrada_2_ref

271 # Pavimentos terreos
273 soma_pavimentos_terreos_ref = 0
i16 = ret['numeros_pavimentos_terreos']
275 for n19 in range(0, i16):
    AU_pav_terreo_ref = ret['Pavimentos_Terreo'][0 + n19]['comp'] * ret['
        Pavimentos_Terreo'][0 + n19]['altura'] * ret['Pavimentos_Terreo_ref'][0 + n19]['
        Uref']
277 soma_pavimentos_terreos_ref = soma_pavimentos_terreos_ref + AU_pav_terreo_ref

279 Hecs_ref = Soma_paredes_ref + Soma_pavimentos_enterrados_ref +
    soma_pavimentos_terreos_ref

281 # A.9 Coef. Transferencia de Calor por Transmissao na Est. de Aquecimento de
    Referencia
Htr_i_transmissao_aquecimento_ref = Hext_ref + Henu_ref + Hadj_ref + Hecs_ref
283 # F.2 Tranferencia de Calor por Transmissao
285 Qtr_v = (Htr_i_transmissao_aquecimento * ret['Trans_Calor_Renovacao_Ar']['(tetav_ref
    - tetav_ext)'] * ret['Dados_Gerais']['Lv']) / 1000

```

```

287 # E.7 Transferencia de calor por Transmissao de Referencia
    Qtr_i_ref = 0.024 * ret['Dados_Gerais']['GD'] * Htr_i_transmissao_aquecimento_ref
289

291 # A.10 Coef. Transferencia de Calor por Transmissao na Est. de Arrefecimento de
    Referencia
    Htr_i_transmissao_arrefecimento_ref = Hext_ref + Henu_ref + Heccs_ref
293
    # TRANSFERENCIA DE CALOR POR VENTILACAO
295
    # B.1 Estacao de Aquecimento
297 bve_e_aquecimento = 1 - (ret['Estacao_Aquecimento']['nrci'] * ret['
    Estacao_Aquecimento']['Vins']) / (ret['Estacao_Aquecimento']['Rph_i'] * ret['
    Dados_Gerais']['Ap'] * ret['Dados_Gerais']['Pd'])
    Hve_i = bve_e_aquecimento * 0.34 * ret['Estacao_Aquecimento']['Rph_i'] * ret['
    Dados_Gerais']['Ap'] * ret['Dados_Gerais']['Pd']
299

    # E.3 Transferencia de Calor por Renovacao do Ar
301 Qve_i = 0.024 * ret['Dados_Gerais']['GD'] * Hve_i

303 # B.2 Estacao de Arrefecimento
    bve_e_arrefecimento = 1 - (ret['Estacao_Arrefecimento']['nrcv'] * ret['
    Estacao_Aquecimento']['Vins']) / (ret['Estacao_Arrefecimento']['Rph_v'] * ret['
    Dados_Gerais']['Ap'] * ret['Dados_Gerais']['Pd'])
305 Hve_v = bve_e_arrefecimento * 0.34 * ret['Estacao_Arrefecimento']['Rph_v'] * ret['
    Dados_Gerais']['Ap'] * ret['Dados_Gerais']['Pd']

307 # F.3 Transferencia de Calor por Renovacao do Ar
    Qve_v = (Hve_v * ret['Trans_Calor_Renovacao_Ar']['(tetav_ref - tetav_ext)'] * ret['
    Dados_Gerais']['Lv']) / 1000
309

    # TRANSFERENCIA DE CALOR POR VENTILACAO DE REFERENCIA
311 # B.3 Estacao de Aquecimento
    Hve_i_ref = 0.34 * ret['Estacao_Aquecimento_Ref']['Rph_i_ref'] * ret['Dados_Gerais'
    ]['Ap'] * ret['Dados_Gerais']['Pd']
313

    # E.8 Transferencia de Calor por Renovacao do Ar de Referencia
315 Qve_i_ref = 0.024 * ret['Dados_Gerais']['GD'] * Hve_i_ref

317

    # Calculo dos ganhos termicos uteis na estacao de aquecimento (Qgu_i)
319 # C.1 Ganhos internos
    Qint_i = 0.72 * ret['Dados_Gerais']['qint'] * ret['Dados_Gerais']['M'] * ret['
    Dados_Gerais']['Ap']
321

    # C.2 Ganhos solares
323 # Vaos Envidracados Exteriores
    area_total_efetiva_equivalente_sul = 0
325 i3 = ret['numeros_vaos_envid_exteriores']
    for n2 in range(0, i3):
327 area_efetiva_coletora_sul = ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['comprimento
    '] * ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['altura'] * ret['Ganhos_Solares
    '][0 + n2]['fator_obstrucao'] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n2]['fracao_envidacado
    '] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n2]['gi'] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n2]['
    fator_de_orientacao']
    area_total_efetiva_equivalente_sul = area_total_efetiva_equivalente_sul +
    area_efetiva_coletora_sul

```

```

329 # Vaos Interiores em Contato com Solarios, Marquises, jardins de Inverno, etc.
331 area_total_efetiva_equivalente_sul_2 = 0
    i17 = ret['numeros_vaos_int_solarios_etc']
333 for n20 in range(0, i17):
    area_efetiva_coletora_sul_2 = ret['Vaos_int_solarios_etc'][0 + n20]['comprimento'] *
        ret['Vaos_int_solarios_etc'][0 + n20]['altura'] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n20]
        ['fator_obstrucao'] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n20]['fracao_envidracado'] * ret
        ['Ganhos_Solares'][0 + n20]['gi'] * ret['Ganhos_Solares'][0 + n20]['
            fator_de_orientacao']
335 area_total_efetiva_equivalente_sul_2 = area_total_efetiva_equivalente_sul_2 +
        area_efetiva_coletora_sul_2

337 Qsol_i = (area_total_efetiva_equivalente_sul + area_total_efetiva_equivalente_sul_2)
        * ret['Dados_Gerais']['Gsul'] * ret['Dados_Gerais']['M']

339 # C.3 Ganhos Termicos Brutos
    Qg_i = Qint_i + Qsol_i
341 parametro_yi = Qg_i / (Qtr_i + Qve_i)
    if (parametro_yi != 1) and (parametro_yi > 0):
343 fator_utilizacao_ganhos_ni = (1 - (parametro_yi ** ret['Ganhos_Termicos_Brutos']['
        Inercia'])) / (1 - (parametro_yi ** (ret['Ganhos_Termicos_Brutos']['Inercia'] +
        1)))
    elif parametro_yi == 1:
345 fator_utilizacao_ganhos_ni = ret['Ganhos_Termicos_Brutos']['Inercia'] / (ret['
        Ganhos_Termicos_Brutos']['Inercia'] + 1)
    elif parametro_yi < 0:
347 fator_utilizacao_ganhos_ni = 1 / parametro_yi
    Qgu_i = fator_utilizacao_ganhos_ni * Qg_i
349
    # E.5 Necessidades Nominiais Anuais de Energia util para Aquecimento
351 Nic = (Qtr_i + Qve_i - Qgu_i) / ret['Dados_Gerais']['Ap']

353 # C.4 Ganhos Termicos Brutos de Referencia
    Qg_i_ref = ret['Dados_Gerais']['Gsul'] * 0.182 * 0.20 * ret['Dados_Gerais']['Ap'] +
        Qint_i
355
    # E.9 Fator de Utilizacao de Ganhos de Referencia
357 Qgu_i_ref = ret['Fator_utiliz_Ganhos_Ref']['fator_utilizacao_ganhos_ni_ref'] *
        Qg_i_ref

359 # E.10 Limite das Necessidades Nominiais de Energia util para Aquecimento
    Ni = (Qtr_i_ref + Qve_i_ref - Qgu_i_ref) / ret['Dados_Gerais']['Ap']
361
    # D.1 Ganhos Internos
363 Qint_v = (ret['Dados_Gerais']['qint'] * ret['Dados_Gerais']['Lv'] * ret['
        Dados_Gerais']['Ap']) / 1000

365 # D.2 Ganhos Solares
    # Vaos Envidracados
367 Ganhos_solares_brutos_pelos_elementos_envolvente_envidracada = 0
    i3 = ret['numeros_vaos_envid_exteriores']
369 for n2 in range(0, i3):
    ganho_solar_bruto_g = ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['comprimento'] *
        ret['Vaos_Envidracados_Exteriores'][0 + n2]['altura'] * ret['
            Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n2]['fracao_envidracado'] * ret['
            Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n2]['FS_verao'] * ret['

```

```

    Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n2]['Isol'] * ret['
    Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n2]['Fsv']
371 Ganhos_solares_brutos_pelos_elementos_envolvente_envidracada =
    Ganhos_solares_brutos_pelos_elementos_envolvente_envidracada +
    ganho_solar_bruto_g

373 # Vaos Interiores em Contato com Solarios, Marquises, Jardins de Inverno, etc.
    Ganhos_solares_vao_int_cont_solario_etc = 0
375 i18 = ret['numeros_solares_vao_int_cont_solario_etc']
    for n21 in range(0, i18):
377 ganho_solar_vao_int_etc = ret['Solares_vao_int_cont_solario_etc'][0 + n21]['
    comprimento'] * ret['Solares_vao_int_cont_solario_etc'][0 + n21]['altura'] * ret
    ['Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n21]['fracao_envidracado'] * ret['
    Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n21]['FS_verao'] * ret['
    Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n21]['Isol'] * ret['
    Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados'][0 + n21]['Fsv']
    Ganhos_solares_vao_int_cont_solario_etc = Ganhos_solares_vao_int_cont_solario_etc +
    ganho_solar_vao_int_etc

379 # Envolvente Exterior Opaca
381 # Parede Exterior
    Ganhos_solares_brutos_pela_envolvente_exterior_opaca_paredes = 0
383 i11 = ret['numeros_envolvente_opaca_ext']
    for n10 in range(0, i11):
385 ganho_solar_bruto_parede_exterior = ret['Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['
    coef_absorcao_parede_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['
    U_parede_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['
    Aop_parede_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['Rse'] *
    ret['Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['Isol_parede'] * ret['
    Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior'][0 + n10]['Fator_obstucacao_parede']
    Ganhos_solares_brutos_pela_envolvente_exterior_opaca_paredes =
    Ganhos_solares_brutos_pela_envolvente_exterior_opaca_paredes +
    ganho_solar_bruto_parede_exterior

387 # Cobertura Exterior
389 Ganho_solar_bruto_parede_exterior_oeste = 0
    i12 = ret['numeros_env_opc_cob_ext']
391 for n11 in range(0, i12):
    Ganho_solar_bruto_parede_exterior = ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'][0 + n11
    ]['coef_absorcao_cobertura_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'
    ][0 + n11]['U_cobertura_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'][0 +
    n11]['Aop_cobertura_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'][0 +
    n11]['Rse'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'][0 + n11]['
    Isol_cobertura_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior'][0 + n11]['
    Fator_obstucacao_cobertura_exterior']
393 Ganho_solar_bruto_parede_exterior_oeste = Ganho_solar_bruto_parede_exterior_oeste +
    Ganho_solar_bruto_parede_exterior

395 # Cobertura Interior
    Ganho_solar_bruto_cobertura_interior = 0
397 i13 = ret['numeros_env_opc_cob_interior']
    for n12 in range(0, i13):
399 Ganho_solar_bruto_cobertura_inter = ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'][0 + n12
    ]['coef_absorcao_cobertura_interior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'
    ][0 + n12]['U_cobertura_interior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'][0 +
    n12]['Aop_cobertura_interior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'][0 +
    n12]['Rse'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'][0 + n12]['

```

```

        Isol_cobertura_interior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior'][0 + n12]['
        Fator_obstucacao_cobertura_interior']
    Ganho_solar_bruto_cobertura_interior = Ganho_solar_bruto_cobertura_interior +
        Ganho_solar_bruto_cobertura_inter
401
    # Vaos Opacos Exteriores
403 Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exterior = 0
    i14 = ret['numeros_env_opc_vaos_opc_ext']
405 for n13 in range(0, i14):
    Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exter = ret['Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'][0
        + n13]['coef_absorcao_vaos_opacos_exterior'] * ret['
        Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n13]['
        U_cobertura_vaos_opacos_exterior'] * ret['Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'
        ][0 + n13]['Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior'] * ret['
        Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n13]['Rse'] * ret['
        Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n13]['Isol_vaos_opacos_exterior'] *
        ret['Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores'][0 + n13]['
        Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior']
407 Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exterior = Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exterior +
        Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exter

409 Qsol_v = Ganhos_solares_brutos_pelos_elementos_envolvente_envidracada +
        Ganhos_solares_vao_int_cont_solarior_etc +
        Ganhos_solares_brutos_pela_envolvente_exterior_opaca_paredes +
        Ganho_solar_bruto_parede_exterior_oeste + Ganho_solar_bruto_cobertura_interior +
        Ganho_solar_bruto_vaos_opacos_exterior

411 # D.3 Ganhos Termicos Brutos
    Qg_v = Qint_v + Qsol_v
413
    # F.5 Necessidades Nominiais Anuais de Energia Util para Aquecimento
415 parametro_yv = Qg_v / (Qtr_v + Qve_v)
    if (parametro_yv != 1) and (parametro_yv > 0):
417 fator_utilizacao_ganhos_nv = (1 - (parametro_yv ** ret['Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec'
        ][ 'Inercia' ])) / (1 - (parametro_yv ** (ret['Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec' ][ '
        Inercia' ] + 1)))
    elif parametro_yv == 1:
419 fator_utilizacao_ganhos_nv = ret['Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec' ][ 'Inercia' ] / (ret['
        Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec' ][ 'Inercia' ] + 1)
    elif parametro_yv < 0:
421 fator_utilizacao_ganhos_nv = 1 / parametro_yv
    Nvc = ((1 - fator_utilizacao_ganhos_nv) * Qg_v) / ret['Dados_Gerais' ][ 'Ap' ]
423
    # D.4 Ganhos Termicos Brutos de Referencia
425 Qg_v_ref = (((ret['Dados_Gerais' ][ 'qint' ] * ret['Dados_Gerais' ][ 'Lv' ]) / 1000) + (
        ret['Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg' ][ 'gv_ref' ] * ret['
        Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg' ][ 'Aw_ref/Ap_ref' ] * ret['
        Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg' ][ 'Isol_ref' ])) * ret['Dados_Gerais' ][ 'Ap' ]

427 # F.7 Limite das Necessidades Nominiais Anuais de Energia Util para Arrefecimento
    Nv = ((1 - ret['Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref' ][ 'nv_ref' ]) * Qg_v_ref) / ret['
        Dados_Gerais' ][ 'Ap' ]
429
    # NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA
431
    # G.1 Necessidades Nominiais de Energia Primaria para Aquecimento (Sistema para
        Aquecimento)

```

```

433 nec_energia_final_caldeira_gas = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['fl'] * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * Nic) / (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['
    eficiencia_nominal_caldeira'] * ret['Dados_Gerais']['Ap'])
nec_energia_primaria_caldeira_gas = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['fl'] * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * Nic * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['
    fator_conversao_caldeira']) / (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['
    eficiencia_nominal_caldeira'])
435 Energia_primaria_para_aquecimento = nec_energia_primaria_caldeira_gas

437 # G.2 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Arrefecimento (Sistema para
    Arrefecimento)
nec_energia_final_sistema_referencia = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref']['fv'] * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * Nvc) / (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref']['
    eficiencia_nominal_sistema_referencia'] * ret['Dados_Gerais']['Ap'])
439 nec_energia_primaria_sistema_referencia = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref']['fv'] * ret
    ['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * Nvc * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref']['
    fator_conversao_sistema_ref']) / (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref']['
    eficiencia_nominal_sistema_referencia'])
Energia_primaria_para_arrefecimento = nec_energia_primaria_sistema_referencia
441

# G.3 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Producao de AQS
443 MAQS = 40 * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['numero_ocupantes'] * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fator_eficiencia_hidrica']
AQS = (MAQS * 4187 * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['aumento_temperatura'] * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['dias_consumo']) / (3600000 * ret['Dados_Gerais']['
    Ap'])
445 nec2_energia_final_caldeira_gas = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fa_caldeira'] *
    ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * AQS * ret['Dados_Gerais']['Ap']) / ret
    ['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['eficiencia_nominal_caldeira']
nec2_energia_primaria_caldeira_gas = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fa_caldeira']
    * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * AQS * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']
    ['fator_conversao_caldeira']) / ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['
    eficiencia_nominal_caldeira']
447 nec2_energia_final_painel_solar = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fa_painel_solar
    '] * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * AQS * ret['Dados_Gerais']['Ap']) /
    ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['eficiencia_nominal_painel_solar']
nec2_energia_primaria_painel_solar = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['
    fa_painel_solar'] * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['sigma'] * AQS * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fator_conversao_painel_solar']) / ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['eficiencia_nominal_painel_solar']
449 soma_nec2_energia_final = nec2_energia_final_caldeira_gas +
    nec2_energia_final_painel_solar
soma_nec2_energia_primaria = nec2_energia_primaria_caldeira_gas +
    nec2_energia_primaria_painel_solar
451 Energia_primaria_para_preparacao_AQS = soma_nec2_energia_primaria

453 # G.4 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Ventilacao Mecanica
Nec_sist_vent = ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec']['Wvm'] / ret['Dados_Gerais']['Ap']
    * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec']['Fpu']
455 Energia_primaria_nec_sist_vent_mecanica = Nec_sist_vent

457 # G.5 Energia Primaria Proveniente de Fontes de Energia Renovavel
Energ_primaria_painel_solar = nec2_energia_primaria_painel_solar * ret['
    Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['fator_conversao_painel_solar']
459 Energ_primaria_sist_recurso_energ_renovavel = Energ_primaria_painel_solar

461 # G.6 Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primaria

```

```

Ntc = Energia_primaria_para_aquecimento + Energia_primaria_para_arrefecimento +
      Energia_primaria_para_preparacao_AQS + Energia_primaria_nec_sist_vent_mecanica -
      Energ_primaria_sist_recurso_energ_renovavel
463
# LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMARIA
465 # G.7 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Aquecimento de Referencia
      limite_nec_energ_primaria_caldeira_ref = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec']['fl'] * Ni *
          ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref']['Fpui']) / ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref'][
              'eficiencia_nominal_caldeira_ref']
467 Energ_primaria_para_aquecimento_ref = limite_nec_energ_primaria_caldeira_ref

469 # G.8 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Arrefecimento de Referencia
      limite_nec_energ_primaria_sistema_ref = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref']['
          fv_sist_ref'] * Nv * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref']['Fpu_sist_ref']) / ret['
          Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref']['efic_nominal_ref']
471 Energ_primaria_para_arrefecimento_ref = limite_nec_energ_primaria_sistema_ref

473 # G.9 Necessidades Nominais de Energia Primaria para Producao de AQS de Referencia
      MAQS_ref = 40 * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['numero_ocupantes'] * ret['
          Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref']['fator_eficiencia_hidrica_ref']
475 AQS_ref = (MAQS_ref * 4187 * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref']['
          aumento_temperatura_ref'] * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS']['dias_consumo']) /
          (3600000 * ret['Dados_Gerais']['Ap'])
      limite_nec_energ_primaria_caldeira_gas_ref = (ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref']['
          fa_cal_gas_ref'] * AQS_ref * ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref']['
          Fpu_caldeira_gas_ref']) / ret['Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref']['
          efic_nominal_cald_gas_ref']
477 Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref = limite_nec_energ_primaria_caldeira_gas_ref

479 # G.10 Limite das Necessidades Nominais Anuais Globais de Energia Primaria
      Nt = Energ_primaria_para_aquecimento_ref + Energ_primaria_para_arrefecimento_ref +
          Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref
481
      Eficiencia = Ntc / Nt
483
      if Eficiencia <= 0.25:
485 classe_energetica = str('A+')
      elif 0.26 <= Eficiencia <= 0.50:
487 classe_energetica = str('A')
      elif 0.51 <= Eficiencia <= 0.75:
489 classe_energetica = str('B')
      elif 0.76 <= Eficiencia <= 1:
491 classe_energetica = str('B-')
      elif 1.01 <= Eficiencia <= 1.50:
493 classe_energetica = str('C')
      elif 1.51 <= Eficiencia <= 2:
495 classe_energetica = str('D')
      elif 2.01 <= Eficiencia <= 2.50:
497 classe_energetica = str('E')
      else:
499 classe_energetica = str('F')
      class Resultado:
501 def __init__(self, Nic, Ni, Nvc, Nv, Qg_v, Qg_v_ref, Qg_i, Qg_i_ref,
          Energia_primaria_para_preparacao_AQS, Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref,
          Ntc, Nt, Eficiencia, classe_energetica):
          self.__Nic = Nic
503 self.__Ni = Ni

```

```

        self.__Nvc = Nvc
505 self.__Nv = Nv
        self.__Qg_v = Qg_v
507 self.__Qg_v_ref = Qg_v_ref
        self.__Qg_i = Qg_i
509 self.__Qg_i_ref = Qg_i_ref
        self.__Energia_primaria_para_preparacao_AQS = Energia_primaria_para_preparacao_AQS
511 self.__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref =
            Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref
        self.__Ntc = Ntc
513 self.__Nt = Nt
        self.__Eficiencia = Eficiencia
515 self.__classe_energetica = classe_energetica

517 @property
    def Nic(self):
519     return self.__Nic

521 @property
    def Ni(self):
523     return self.__Ni

525 @property
    def Nvc(self):
527     return self.__Nvc

529 @property
    def Nv(self):
531     return self.__Nv

533 @property
    def Qg_v(self):
535     return self.__Qg_v

537 @property
    def Qg_v_ref(self):
539     return self.__Qg_v_ref

541 @property
    def Qg_i(self):
543     return self.__Qg_i

545 @property
    def Qg_i_ref(self):
547     return self.__Qg_i_ref

549 @property
    def Energia_primaria_para_preparacao_AQS(self):
551     return self.__Energia_primaria_para_preparacao_AQS

553 @property
    def Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref(self):
555     return self.__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref

557 @property
    def Ntc(self):
559     return self.__Ntc

```

```
561 @property
    def Nt(self):
563     return self.__Nt

565 @property
    def Eficiencia(self):
567     return self.__Eficiencia

569 @property
    def classe_energetica(self):
571     return self.__classe_energetica

573
    Resultado_da_eficiencia = Resultado(Nic, Ni, Nvc, Nv, Qg_v, Qg_v_ref, Qg_i, Qg_i_ref
        , Energia_primaria_para_preparacao_AQS, Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref,
        Ntc, Nt, Eficiencia, classe_energetica)
575
    with open('Resultado_eficiencia_melhorado_dissertacao.json', 'w') as arquivo:
577     res = jsonpickle.encode(Resultado_da_eficiencia)

579     arquivo.write(res)

581
    return 'Gerada a Etiqueta'
583

585 if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True) # Executa a aplicacao
```

APÊNDICE B – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O CÓDIGO - CASO 1

Listing B.1 – Arquivos de entrada para o código - Caso 1

```

2 {   "numeros_paredes": 4,
   "Paredes_Exteriores":[
4 {   "id_p": 1,
   "comprimento_paredes": 16.20,
6 "altura_paredes": 2.60,
   "U_paredes": 0.4},
8 {   "id_p":2,
   "comprimento_paredes": 6.33,
10 "altura_paredes": 2.6,
   "U_paredes": 0.4},
12 {   "id_d":3,
   "comprimento_paredes": 4.47,
14 "altura_paredes": 2.6,
   "U_paredes": 0.4},
16 {   "id_d":4,
   "comprimento_paredes": 11.76,
18 "altura_paredes": 2.6,
   "U_paredes": 0.4
20 }] ,

22 "numeros_pavimento_contato_exterior": 1,
   "Pavimento_Contato_Exterior":[
24 {   "id_pce": 1,
   "comprimento_pavimento": 0,
26 "largura_pavimento": 0,
   "U_pavimento": 0
28 ]],

30 "numeros_cobertura_contato_exterior": 1,
   "Cobertura_Contato_Exterior":[
32 {   "id_cce": 1,
   "comprimento_cobertura": 12.36,
34 "largura_cobertura": 12.36,
   "U_cobertura": 0.35
36 ]],

38 "numeros_vaos_envid_exteriores": 10,
   "Vaos_Envidracados_Exteriores":[
40 {   "id_vee": 1,
   "comprimento": 2.84,
42 "altura": 2.84,
   "U": 2.8},
44 {   "id_vee": 2,
   "comprimento": 2.61,
46 "altura": 2.61,
   "U": 2.8},
48 {   "id_vee": 3,
   "comprimento": 0.68,
50 "altura": 0.40,

```

```

    "U": 2.8},
52 {   "id_vee": 4,
    "comprimento": 1.45,
54 "altura": 1.0,
    "U": 2.8},
56 {   "id_vee": 5,
    "comprimento": 1.45,
58 "altura": 1.0,
    "U": 2.8},
60 {   "id_vee": 6,
    "comprimento": 0.68,
62 "altura": 0.40,
    "U": 2.8},
64 {   "id_vee": 7,
    "comprimento": 0.68,
66 "altura": 0.40,
    "U": 2.8},
68 {   "id_vee": 8,
    "comprimento": 1.45,
70 "altura": 1.0,
    "U": 2.8},
72 {   "id_vee": 9,
    "comprimento": 1.45,
74 "altura": 1.0,
    "U": 2.8},
76 {   "id_vee": 10,
    "comprimento": 2.01,
78 "altura": 0.4,
    "U": 2.8
80 }],

82 "numeros_vaos_int_solarios_etc": 1,
    "Vaos_int_solarios_etc":[
84 {   "id_vise": 1,
    "comprimento": 0,
86 "altura": 0,
    "U": 0
88 }],

90 "numeros_solares_vao_int_cont_solario_etc": 1,
    "Solares_vao_int_cont_solario_etc":[
92 {   "id_svics": 1,
    "comprimento": 0,
94 "altura": 0,
    "U": 0
96 }],

98 "numeros_vaos_opacos_ext": 1,
    "Vaos_Opacos_Exteriores":[
100 {   "id_vop": 1,
    "largura_porta_entrada": 0,
102 "altura_porta_entrada": 0,
    "U_porta_de_entrada": 0.8
104 }],
    "numeros_pontes_termicas_lineares": 7,
106 "Pontes_Termicas_Lineares":[
    {   "id_ptl": 1,

```

```

108  "comp_B": 14.71,
      "fi": 0.5},
110  {  "id_ptl": 2,
      "comp_B": 10.12,
112  "fi": 0.5},
      {  "id_ptl": 3,
114  "comp_B": 152.73,
      "fi": 0.5},
116  {  "id_ptl": 4,
      "comp_B": 0,
118  "fi": 0.5},
      {  "id_ptl": 5,
120  "comp_B": 33.50,
      "fi": 0.4},
122  {  "id_ptl": 6,
      "comp_B": 49.98,
124  "fi": 0.2},
      {  "id_ptl": 7,
126  "comp_B": 16.66,
      "fi": 0.2
128  }],
      "numeros_paredes_contato_espacos_nao_uteis": 3,
130  "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis":[
      {  "id_pcenu": 1,
132  "comprimento": 5.47,
      "largura": 2.6,
134  "U": 0.4,
      "btr": 0.8},
136  {  "id_pcenu": 2,
      "comprimento": 2.88,
138  "largura": 2.6,
      "U": 0.4,
140  "btr": 1},
      {  "id_pcenu": 3,
142  "comprimento": 0,
      "largura": 0,
144  "U": 0.8,
      "btr": 0.8
146  }],
      "numeros_paredes_cont_edf_adj": 1,
148  "Paredes_Contato_Edificio_Adjacente":[
      {  "id_pced": 1,
150  "comprimento_parede": 0,
      "altura_parede": 0,
152  "U_parede": 0.4,
      "btr_parede": 0.6
154  }],
      "numeros_pav_sobr_espacos_nao_uteis": 2,
156  "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis":[
      {  "id_psenu": 1,
158  "comprimento": 0,
      "largura": 0,
160  "U": 0.35,
      "btr": 0.8},
162  {  "id_psenu": 2,
      "comprimento": 0,
164  "largura": 0,

```

```

    "U": 0.35,
166  "btr": 0.8
    }],
168
    "numeros_cob_int_espac_ao_uteis": 1,
170  "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis": [
    {  "id_cienu": 1,
172    "comprimento": 0,
        "largura": 0,
174    "U": 0,
        "btr": 0
176  }],

178  "numeros_vao_cont_esp_ao_uteis": 1,
    "Vao_cont_esp_ao_uteis": [
180  {  "id_vcenu": 1,
        "comprimento": 0,
182    "largura": 0,
        "U": 0,
184    "btr": 0
    }],
186
    "numeros_vao_cont_solario_etc": 1,
188  "Vao_cont_solario_etc": [
    {  "id_vcse": 1,
190    "comprimento": 0,
        "largura": 0,
192    "U": 0,
        "btr": 0
194  }],

196  "numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular": 1,
    "Pontes_termica_lineares_caso_particular": [
198  {  "id_ptlcp": 1,
        "comprimento": 0,
200    "largura": 0,
        "si": 0,
202    "btr": 0
    }],
204
    "numeros_paredes_contato_solo": 1,
206  "Paredes_enterradas": [
    {  "id_pe": 1,
208    "comp_acesso_entrada_1": 0,
        "altura_acesso_entrada_1": 0,
210    "U_acesso_entrada_1": 0.26
    }],
212  "numeros_pavimentos_enterrados": 1,
    "Pavimentos_Enterrados": [
214  {  "id_pave": 1,
        "comp_acesso_entrada_2": 0,
216    "altura_acesso_entrada_2": 0,
        "U_acesso_entrada_2": 0.31
218  }],

220  "numeros_pavimentos_terreos": 1,
    "Pavimentos_Terreo": [

```

```
222 {  "id_pt": 1,
      "comp": 0,
224  "altura": 0,
      "U": 0
226  }],

228  "Paredes_Exteriores_Uref":[
    {  "id_peuref": 1,
230    "Uref_paredes": 0.4},
    {  "id_peuref": 2,
232    "Uref_paredes": 0.4},
    {  "id_peuref": 3,
234    "Uref_paredes": 0.4},
    {  "id_peuref": 4,
236    "Uref_paredes": 0.4
    }],
238
    "Pavimento_Contato_Exterior_Uref":[
240 {  "id_pceuref": 1,
      "Uref_pavimento": 0
242  }],

244  "Cobertura_Contato_Exterior_Uref":[
    {  "id_cceref": 1,
246    "Uref_cobertura": 0.35
    }],
248  "Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref":[
    {  "id_veeref": 1,
250    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 2,
252    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 3,
254    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 4,
256    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 5,
258    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 6,
260    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 7,
262    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 8,
264    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 9,
266    "Uref": 2.8},
    {  "id_veeref": 10,
268    "Uref": 2.8
    }],
270  "Vaos_Opacos_Exteriores_Uref":[
    {  "id_voeref": 1,
272    "Uref_porta_de_entrada": 0.4
    }],
274  "Pontes_Termicas_Lineares_firef":[
    {  "id_ptlfiref": 1,
276    "firef": 0.5},
    {  "id_ptlfiref": 2,
278    "firef": 0.5},
```

```

    {  "id_ptlfiref": 3,
280  "firef": 0.5},
    {  "id_ptlfiref": 4,
282  "firef": 0.5},
    {  "id_ptlfiref": 5,
284  "firef": 0.4},
    {  "id_ptlfiref": 6,
286  "firef": 0.2},
    {  "id_ptlfiref": 7,
288  "firef": 0.2
    }],
290 "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_pcenuref": 1,
292  "Uref": 0.4},
    {  "id_pcenuref": 2,
294  "Uref": 0.4},
    {  "id_pcenuref": 3,
296  "Uref": 0.4
    }],
298
    "Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref":[
300 {  "id_pcearef": 1,
    "Uref_parede": 0.8
302 }],
    "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
304 {  "id_psenuref":1,
    "Uref": 0.35},
306 {  "id_psenuref":2,
    "Uref": 0.35
308 }],

310 "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_cienu_ref":1,
312  "Uref": 0
    }],
314
    "Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref":[
316 {  "id_vcenu_ref":1,
    "Uref": 0
318 }],

320 "Vao_cont_solario_etc_Uref":[
    {  "id_vcse_ref":1,
322  "Uref": 0
    }],
324
    "Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref":[
326 {  "id_ptlcp_ref":1,
    "siref": 0
328 }],

330 "Paredes_Enterradas_Uref":[
    {  "id_peref": 1,
332  "Uref_acesso_entrada_1": 0.5
    }],
334 "Pavimentos_Enterrados_Uref":[
    {  "id_peref": 1,

```

```

336 "Uref_acesso_entrada_2": 0.5
    ],
338 "Pavimentos_Terreo_ref": [
340 { "id_ptref": 1,
    "Uref": 0
342 }],

344 "Estacao_Aquecimento":
    {
346 "nrci": 0,
    "Vins": 0,
348 "Rph_i": 0.6
    },
350 "Dados_Gerais":
    {
352 "Ap": 135.44,
    "Pd": 2.60,
354 "GD": 1250,
    "qint": 4,
356 "M": 6.16,
    "Gsul": 130,
358 "Lv": 2928
    },
360 "Estacao_Arrefecimento":
    {
362 "nrcv": 0,
    "Rph_v": 0.6
364 },
    "Estacao_Aquecimento_Ref":
366 {
    "Rph_i_ref": 0.6
368 },
    "Ganhos_Solares": [
370 { "id_gs": 1,
    "fator_obstrucao": 0.27,
372 "fator_de_orientacao": 1,
    "fracao_envidacado": 0.65,
374 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 2,
376 "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
378 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
380 { "id_gs": 3,
    "fator_obstrucao": 0.43,
382 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
384 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 4,
386 "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
388 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
390 { "id_gs": 5,
    "fator_obstrucao": 0.43,
392 "fator_de_orientacao": 0.56,

```

```

    "fracao_envidacado": 0.65,
394 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 6,
396 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
398 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
400 { "id_gs": 7,
    "fator_obstrucao": 1,
402 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
404 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 8,
406 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
408 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
410 { "id_gs": 9,
    "fator_obstrucao": 0.34,
412 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
414 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 10,
416 "fator_obstrucao": 0.34,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
418 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68
420 }],
    "Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados": [
422 { "id_gsve": 1,
    "fracao_envidracado": 0.65,
424 "FS_verao": 0.25,
    "Isol": 425,
426 "Fsv": 0.22},
    { "id_gsve": 2,
428 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
430 "Isol": 490,
    "Fsv": 0.36},
432 { "id_gsve": 3,
    "fracao_envidracado": 0.65,
434 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 490,
436 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 4,
438 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
440 "Isol": 490,
    "Fsv": 0.36},
442 { "id_gsve": 5,
    "fracao_envidracado": 0.65,
444 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 490,
446 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 6,
448 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,

```

```

450 "Isol": 220,
    "Fsv": 0.9},
452 { "id_gsve": 7,
    "fracao_envidracado": 0.65,
454 "FS_verao": 0.97,
    "Isol": 220,
456 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 8,
458 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,
460 "Isol": 220,
    "Fsv": 0.9},
462 { "id_gsve": 9,
    "fracao_envidracado": 0.65,
464 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 490,
466 "Fsv": 0.35},
    { "id_gsve": 10,
468 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
470 "Isol": 490,
    "Fsv": 0.35
472 }],
    "numeros_envolvente_opaca_ext": 4,
474 "Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior": [
    { "id_eeope": 1,
476 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
478 "Aop_parede_exterior": 42.151,
    "Isol_parede": 220,
480 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
482 { "id_eeope": 2,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
484 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 16.515,
486 "Isol_parede": 425,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
488 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 3,
490 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
492 "Aop_parede_exterior": 11.615,
    "Isol_parede": 490,
494 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
496 { "id_eeope": 4,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
498 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 30.543,
500 "Isol_parede": 490,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
502 "Rse": 0.04
    }],
504 "numeros_env_opc_cob_ext": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior": [
506 { "id_eeoce": 1,

```

```

    "coef_absorcao_cobertura_exterior": 0.5,
508 "U_cobertura_exterior": 0.35,
    "Aop_cobertura_exterior": 142.56,
510 "Isol_cobertura_exterior": 800,
    "Fator_obstucacao_cobertura_exterior": 1,
512 "Rse": 0.04
    }],
514 "numeros_env_opc_cob_interior": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior": [
516 { "id_eeoci": 1,
    "coef_absorcao_cobertura_interior": 0,
518 "U_cobertura_interior": 0,
    "Aop_cobertura_interior": 0,
520 "Isol_cobertura_interior": 0,
    "Fator_obstucacao_cobertura_interior": 1,
522 "Rse": 0
    }],
524 "numeros_env_opc_vaos_opc_ext": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores": [
526 { "id_eeovoe": 1,
    "coef_absorcao_vaos_opacos_exterior": 0,
528 "U_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
530 "Isol_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Rse": 0,
532 "Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior": 0
    }],
534 "Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg":
    {
536 "gv_ref": 0.43,
    "Aw_ref/Ap_ref": 0.2,
538 "Isol_ref": 490
    },
540 "Ganhos_Termicos_Brutos":
    {
542 "Inercia": 4.2
    },
544 "Fator_utiliz_Ganhos_Ref":
    {
546 "fator_utilizacao_ganhos_ni_ref": 0.6
    },
548 "Trans_Calor_Renovacao_Ar":
    {
550 "(tetav_ref - tetav_ext)": 4
    },
552 "Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec":
    {
554 "Inercia": 4.2
    },
556 "Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref":
    {
558 "nv_ref": 0.83
    },
560 "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec":
    {
562 "f1": 1,
    "sigma": 1,

```

```

564 "eficiencia_nominal_caldeira": 0.92,
    "fator_conversao_caldeira": 1
566 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref":
568 {
    "fv": 1,
570 "eficiencia_nominal_sistema_referencia": 3.2,
    "fator_conversao_sistema_ref": 2.5
572 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS":
574 {
    "numero_ocupantes": 5,
576 "fator_eficiencia_hidrica": 0.9,
    "aumento_temperatura": 35,
578 "dias_consumo": 365,
    "fa_caldeira": 0.39,
580 "fa_painel_solar": 0.61,
    "eficiencia_nominal_painel_solar": 1,
582 "fator_conversao_painel_solar": 1
    },
584 "Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec":
    {
586 "Wvm": 0,
    "Fpu": 2.5
588 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref":
590 {
    "Fpui": 1,
592 "eficiencia_nominal_caldeira_ref": 0.92
    },
594 "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref":
    {
596 "fv_sist_ref": 1,
    "Fpu_sist_ref": 2.5,
598 "efic_nominal_ref": 3.2
    },
600 "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref":
    {
602 "fator_eficiencia_hidrica_ref": 1,
    "aumento_temperatura_ref": 35,
604 "fa_cal_gas_ref": 1,
    "Fpu_caldeira_gas_ref": 1,
606 "efic_nominal_cald_gas_ref": 0.92
    },
608 "Eficiencia_Energetica": {

610 }

612 }

```

Listing B.2 – Arquivos de saída para o código - Caso 1

```

2 {"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado__Nic":
    45.998922265210375, "_Resultado__Ni": 64.28616701712936, "_Resultado__Nvc":
    3.061639174723345, "_Resultado__Nv": 9.154840000000004, "_Resultado__Qg_v":
    3383.45348768, "_Resultado__Qg_v_ref": 7293.71488, "_Resultado__Qg_i":

```

```
4367.0528662055685, "_Resultado__Qg_i_ref": 3043.7160320000003, "  
_Resultado__Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255, "  
_Resultado__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217, "  
_Resultado__Ntc": 60.76147137719794, "_Resultado__Nt": 100.87674144290143, "  
_Resultado__Eficiencia": 0.6023338036904209, "_Resultado__classe_energetica": "B  
"}}
```

APÊNDICE C – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O CÓDIGO - CASO 2

Listing C.1 – Arquivos de entrada para o código - Caso 2

```

2  {   "numeros_paredes": 4,
    "Paredes_Exteriores":[
4  {   "id_p": 1,
    "comprimento_paredes": 16.20,
6  "altura_paredes": 2.60,
    "U_paredes": 0.35},
8  {   "id_p":2,
    "comprimento_paredes": 6.33,
10 "altura_paredes": 2.6,
    "U_paredes": 0.35},
12 {   "id_d":3,
    "comprimento_paredes": 4.47,
14 "altura_paredes": 2.6,
    "U_paredes": 0.35},
16 {   "id_d":4,
    "comprimento_paredes": 11.76,
18 "altura_paredes": 2.6,
    "U_paredes": 0.35
20 }] ,

22 "numeros_pavimento_contato_exterior": 1,
    "Pavimento_Contato_Exterior":[
24 {   "id_pce": 1,
    "comprimento_pavimento": 0,
26 "largura_pavimento": 0,
    "U_pavimento": 0
28 ]],

30 "numeros_cobertura_contato_exterior": 1,
    "Cobertura_Contato_Exterior":[
32 {   "id_cce": 1,
    "comprimento_cobertura": 12.36,
34 "largura_cobertura": 12.36,
    "U_cobertura": 0.30
36 ]],

38 "numeros_vaos_envid_exteriores": 10,
    "Vaos_Envidracados_Exteriores":[
40 {   "id_vee": 1,
    "comprimento": 2.84,
42 "altura": 2.84,
    "U": 2.40},
44 {   "id_vee": 2,
    "comprimento": 2.61,
46 "altura": 2.61,
    "U": 2.40},
48 {   "id_vee": 3,
    "comprimento": 0.68,
50 "altura": 0.40,

```

```

    "U": 2.40},
52 {   "id_vee": 4,
    "comprimento": 1.45,
54 "altura": 1.0,
    "U": 2.40},
56 {   "id_vee": 5,
    "comprimento": 1.45,
58 "altura": 1.0,
    "U": 2.40},
60 {   "id_vee": 6,
    "comprimento": 0.68,
62 "altura": 0.40,
    "U": 2.40},
64 {   "id_vee": 7,
    "comprimento": 0.68,
66 "altura": 0.40,
    "U": 2.40},
68 {   "id_vee": 8,
    "comprimento": 1.45,
70 "altura": 1.0,
    "U": 2.40},
72 {   "id_vee": 9,
    "comprimento": 1.45,
74 "altura": 1.0,
    "U": 2.40},
76 {   "id_vee": 10,
    "comprimento": 2.01,
78 "altura": 0.40,
    "U": 2.40
80 }],

82 "numeros_vaos_int_solaris_etc": 1,
    "Vaos_int_solaris_etc":[
84 {   "id_vise": 1,
    "comprimento": 0,
86 "altura": 0,
    "U": 0
88 }],

90 "numeros_solares_vao_int_cont_solaris_etc": 1,
    "Solares_vao_int_cont_solaris_etc":[
92 {   "id_svics": 1,
    "comprimento": 0,
94 "altura": 0,
    "U": 0
96 }],

98 "numeros_vaos_opacos_ext": 1,
    "Vaos_Opacos_Exteriores":[
100 {   "id_vop": 1,
    "largura_porta_entrada": 0,
102 "altura_porta_entrada": 0,
    "U_porta_de_entrada": 0.8
104 }],
    "numeros_pontes_termicas_lineares": 7,
106 "Pontes_Termicas_Lineares":[
    {   "id_ptl": 1,

```

```

108  "comp_B": 14.71,
    "fi": 0.5},
110 {  "id_ptl": 2,
    "comp_B": 10.12,
112  "fi": 0.5},
    {  "id_ptl": 3,
114  "comp_B": 152.73,
    "fi": 0.5},
116 {  "id_ptl": 4,
    "comp_B": 0,
118  "fi": 0.5},
    {  "id_ptl": 5,
120  "comp_B": 33.50,
    "fi": 0.4},
122 {  "id_ptl": 6,
    "comp_B": 49.98,
124  "fi": 0.2},
    {  "id_ptl": 7,
126  "comp_B": 16.66,
    "fi": 0.2
128  }],
    "numeros_paredes_contato_espacos_nao_uteis": 3,
130  "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis":[
    {  "id_pcenu": 1,
132  "comprimento": 5.47,
    "largura": 2.6,
134  "U": 0.35,
    "btr": 0.8},
136 {  "id_pcenu": 2,
    "comprimento": 2.88,
138  "largura": 2.6,
    "U": 0.35,
140  "btr": 1},
    {  "id_pcenu": 3,
142  "comprimento": 0,
    "largura": 0,
144  "U": 0.8,
    "btr": 0.8
146  }],
    "numeros_paredes_cont_edf_adj": 1,
148  "Paredes_Contato_Edificio_Adjacente":[
    {  "id_pced": 1,
150  "comprimento_parede": 0,
    "altura_parede": 0,
152  "U_parede": 0.4,
    "btr_parede": 0.6
154  }],
    "numeros_pav_sobr_espacos_nao_uteis": 2,
156  "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis":[
    {  "id_psenu": 1,
158  "comprimento": 0,
    "largura": 0,
160  "U": 0.35,
    "btr": 0.8},
162 {  "id_psenu": 2,
    "comprimento": 0,
164  "largura": 0,

```

```

    "U": 0.35,
166  "btr": 0.8
    }],
168
    "numeros_cob_int_espac_nao_uteis": 1,
170  "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis": [
    {  "id_cienu": 1,
172    "comprimento": 0,
        "largura": 0,
174    "U": 0,
        "btr": 0
176  }],

178  "numeros_vao_cont_esp_nao_uteis": 1,
    "Vao_cont_esp_nao_uteis": [
180  {  "id_vcenu": 1,
        "comprimento": 0,
182    "largura": 0,
        "U": 0,
184    "btr": 0
    }],
186
    "numeros_vao_cont_solario_etc": 1,
188  "Vao_cont_solario_etc": [
    {  "id_vcse": 1,
190    "comprimento": 0,
        "largura": 0,
192    "U": 0,
        "btr": 0
194  }],

196  "numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular": 1,
    "Pontes_termica_lineares_caso_particular": [
198  {  "id_ptlcp": 1,
        "comprimento": 0,
200    "largura": 0,
        "si": 0,
202    "btr": 0
    }],
204
    "numeros_paredes_contato_solo": 1,
206  "Paredes_enterradas": [
    {  "id_pe": 1,
208    "comp_acesso_entrada_1": 0,
        "altura_acesso_entrada_1": 0,
210    "U_acesso_entrada_1": 0.26
    }],
212  "numeros_pavimentos_enterrados": 1,
    "Pavimentos_Enterrados": [
214  {  "id_pave": 1,
        "comp_acesso_entrada_2": 0,
216    "altura_acesso_entrada_2": 0,
        "U_acesso_entrada_2": 0.31
218  }],

220  "numeros_pavimentos_terreos": 1,
    "Pavimentos_Terreo": [

```

```

222 {  "id_pt": 1,
      "comp": 0,
224  "altura": 0,
      "U": 0
226  }],

228  "Paredes_Exteriores_Uref":[
      {  "id_peuref": 1,
230      "Uref_paredes": 0.35},
      {  "id_peuref": 2,
232      "Uref_paredes": 0.35},
      {  "id_peuref": 3,
234      "Uref_paredes": 0.35},
      {  "id_peuref": 4,
236      "Uref_paredes": 0.35
      }],
238
      "Pavimento_Contato_Exterior_Uref":[
240 {  "id_pceuref": 1,
      "Uref_pavimento": 0
242  }],

244  "Cobertura_Contato_Exterior_Uref":[
      {  "id_cceref": 1,
246      "Uref_cobertura": 0.30
      }],
248  "Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref":[
      {  "id_veeref": 1,
250      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 2,
252      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 3,
254      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 4,
256      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 5,
258      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 6,
260      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 7,
262      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 8,
264      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 9,
266      "Uref": 2.40},
      {  "id_veeref": 10,
268      "Uref": 2.40
      }],
270  "Vaos_Opacos_Exteriores_Uref":[
      {  "id_voeref": 1,
272      "Uref_porta_de_entrada": 0.35
      }],
274  "Pontes_Termicas_Lineares_firef":[
      {  "id_ptlfiref": 1,
276      "firef": 0.5},
      {  "id_ptlfiref": 2,
278      "firef": 0.5},

```

```

    {  "id_ptlfiref": 3,
280  "firef": 0.5},
    {  "id_ptlfiref": 4,
282  "firef": 0.5},
    {  "id_ptlfiref": 5,
284  "firef": 0.4},
    {  "id_ptlfiref": 6,
286  "firef": 0.2},
    {  "id_ptlfiref": 7,
288  "firef": 0.2
    }],
290 "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_pcenuref": 1,
292  "Uref": 0.35},
    {  "id_pcenuref": 2,
294  "Uref": 0.35},
    {  "id_pcenuref": 3,
296  "Uref": 0.35
    }],
298
    "Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref":[
300 {  "id_pcearef": 1,
    "Uref_parede": 0
302 }],
    "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
304 {  "id_psenuref":1,
    "Uref": 0},
306 {  "id_psenuref":2,
    "Uref": 0
308 }],

310 "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_cienu_ref":1,
312  "Uref": 0
    }],
314
    "Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref":[
316 {  "id_vcenu_ref":1,
    "Uref": 0
318 }],

320 "Vao_cont_solario_etc_Uref":[
    {  "id_vcse_ref":1,
322  "Uref": 0
    }],
324
    "Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref":[
326 {  "id_ptlcp_ref":1,
    "siref": 0
328 }],

330 "Paredes_Enterradas_Uref":[
    {  "id_peref": 1,
332  "Uref_acesso_entrada_1": 0
    }],
334 "Pavimentos_Enterrados_Uref":[
    {  "id_peref": 1,

```

```
336 "Uref_acesso_entrada_2": 0
    ]],
338 "Pavimentos_Terreo_ref":[
340 {  "id_ptref": 1,
    "Uref": 0
342 }],

344 "Estacao_Aquecimento":
    {
346 "nrci": 0,
    "Vins": 0,
348 "Rph_i": 0.6
    },
350 "Dados_Gerais":
    {
352 "Ap": 135.44,
    "Pd": 2.60,
354 "GD": 1629,
    "qint": 4,
356 "M": 7.2,
    "Gsul": 130,
358 "Lv": 2928
    },
360 "Estacao_Arrefecimento":
    {
362 "nrcv": 0,
    "Rph_v": 0.6
364 },
    "Estacao_Aquecimento_Ref":
366 {
    "Rph_i_ref": 0.6
368 },
    "Ganhos_Solares":[
370 {  "id_gs": 1,
    "fator_obstrucao": 0.27,
372 "fator_de_orientacao": 1,
    "fracao_envidacado": 0.65,
374 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 2,
376 "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
378 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
380 {  "id_gs": 3,
    "fator_obstrucao": 0.43,
382 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
384 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 4,
386 "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
388 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
390 {  "id_gs": 5,
    "fator_obstrucao": 0.43,
392 "fator_de_orientacao": 0.56,
```

```

    "fracao_envidacado": 0.65,
394 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 6,
396 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
398 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
400 { "id_gs": 7,
    "fator_obstrucao": 1,
402 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
404 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 8,
406 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
408 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
410 { "id_gs": 9,
    "fator_obstrucao": 0.34,
412 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
414 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 10,
416 "fator_obstrucao": 0.34,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
418 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68
420 ]],
    "Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados":[
422 { "id_gsve": 1,
    "fracao_envidracado": 0.65,
424 "FS_verao": 0.25,
    "Isol": 425,
426 "Fsv": 0.22},
    { "id_gsve": 2,
428 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
430 "Isol": 475,
    "Fsv": 0.36},
432 { "id_gsve": 3,
    "fracao_envidracado": 0.65,
434 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 475,
436 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 4,
438 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
440 "Isol": 475,
    "Fsv": 0.36},
442 { "id_gsve": 5,
    "fracao_envidracado": 0.65,
444 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 475,
446 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 6,
448 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,

```

```

450 "Isol": 220,
    "Fsv": 0.9},
452 { "id_gsve": 7,
    "fracao_envidracado": 0.65,
454 "FS_verao": 0.97,
    "Isol": 220,
456 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 8,
458 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,
460 "Isol": 220,
    "Fsv": 0.9},
462 { "id_gsve": 9,
    "fracao_envidracado": 0.65,
464 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 475,
466 "Fsv": 0.35},
    { "id_gsve": 10,
468 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
470 "Isol": 475,
    "Fsv": 0.35
472 }],
    "numeros_envolvente_opaca_ext": 4,
474 "Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior":[
    { "id_eeope": 1,
476 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.35,
478 "Aop_parede_exterior": 42.151,
    "Isol_parede": 220,
480 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
482 { "id_eeope": 2,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
484 "U_parede_exterior": 0.35,
    "Aop_parede_exterior": 16.515,
486 "Isol_parede": 425,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
488 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 3,
490 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.35,
492 "Aop_parede_exterior": 11.615,
    "Isol_parede": 475,
494 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
496 { "id_eeope": 4,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
498 "U_parede_exterior": 0.35,
    "Aop_parede_exterior": 30.543,
500 "Isol_parede": 475,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
502 "Rse": 0.04
    }],
504 "numeros_env_opc_cob_ext": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior":[
506 { "id_eeoce": 1,

```

```

    "coef_absorcao_cobertura_exterior": 0.5,
508 "U_cobertura_exterior": 0.30,
    "Aop_cobertura_exterior": 142.56,
510 "Isol_cobertura_exterior": 820,
    "Fator_obstucacao_cobertura_exterior": 1,
512 "Rse": 0.04
    }],
514 "numeros_env_opc_cob_interior": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior": [
516 { "id_eeoci": 1,
    "coef_absorcao_cobertura_interior": 0,
518 "U_cobertura_interior": 0,
    "Aop_cobertura_interior": 0,
520 "Isol_cobertura_interior": 0,
    "Fator_obstucacao_cobertura_interior": 1,
522 "Rse": 0
    }],
524 "numeros_env_opc_vaos_opc_ext": 1,
    "Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores": [
526 { "id_eeovoe": 1,
    "coef_absorcao_vaos_opacos_exterior": 0,
528 "U_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
530 "Isol_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Rse": 0,
532 "Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior": 0
    }],
534 "Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg":
    {
536 "gv_ref": 0.43,
    "Aw_ref/Ap_ref": 0.2,
538 "Isol_ref": 490
    },
540 "Ganhos_Termicos_Brutos":
    {
542 "Inercia": 4.2
    },
544 "Fator_utiliz_Ganhos_Ref":
    {
546 "fator_utilizacao_ganhos_ni_ref": 0.6
    },
548 "Trans_Calor_Renovacao_Ar":
    {
550 "(tetav_ref - tetav_ext)": 4.5
    },
552 "Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec":
    {
554 "Inercia": 4.2
    },
556 "Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref":
    {
558 "nv_ref": 0.83
    },
560 "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec":
    {
562 "f1": 1,
    "sigma": 1,

```

```

564 "eficiencia_nominal_caldeira": 0.92,
    "fator_conversao_caldeira": 1
566 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref":
568 {
    "fv": 1,
570 "eficiencia_nominal_sistema_referencia": 3.2,
    "fator_conversao_sistema_ref": 2.5
572 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS":
574 {
    "numero_ocupantes": 5,
576 "fator_eficiencia_hidrica": 0.9,
    "aumento_temperatura": 35,
578 "dias_consumo": 365,
    "fa_caldeira": 0.39,
580 "fa_painel_solar": 0.61,
    "eficiencia_nominal_painel_solar": 1,
582 "fator_conversao_painel_solar": 1
    },
584 "Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec":
    {
586 "Wvm": 0,
    "Fpu": 2.5
588 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref":
590 {
    "Fpui": 1,
592 "eficiencia_nominal_caldeira_ref": 0.92
    },
594 "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref":
    {
596 "fv_sist_ref": 1,
    "Fpu_sist_ref": 2.5,
598 "efic_nominal_ref": 3.2
    },
600 "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref":
    {
602 "fator_eficiencia_hidrica_ref": 1,
    "aumento_temperatura_ref": 35,
604 "fa_cal_gas_ref": 1,
    "Fpu_caldeira_gas_ref": 1,
606 "efic_nominal_cald_gas_ref": 0.92
    },
608 "Eficiencia_Energetica": {

610 }

612 }

```

Listing C.2 – Arquivos de saída para o código - Caso 2

1

```

{"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado__Nic":
  57.63094649074476, "_Resultado__Ni": 79.56259052285884, "_Resultado__Nvc":
  2.292876126408075, "_Resultado__Nv": 9.154840000000004, "_Resultado__Qg_v":
  3241.4457332, "_Resultado__Qg_v_ref": 7293.71488, "_Resultado__Qg_i":

```

```
5104.34750595456, "_Resultado__Qg_i_ref": 3449.3859199999997, "  
_Resultado__Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255, "  
_Resultado__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217, "  
_Resultado__Ntc": 72.80437983867381, "_Resultado__Nt": 117.48154960130304, "  
_Resultado__Eficiencia": 0.6197090529172447, "_Resultado__classe_energetica": "B  
"}}
```

APÊNDICE D – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O CÓDIGO - CASO 3

Listing D.1 – Arquivos de entrada para o código - Caso 3

```

1
  {   "numeros_paredes": 4,
3  "Paredes_Exteriores":[
  {   "id_p": 1,
5  "comprimento_paredes": 16.20,
    "altura_paredes": 2.60,
7  "U_paredes": 0.3},
  {   "id_p":2,
9  "comprimento_paredes": 6.33,
    "altura_paredes": 2.6,
11 "U_paredes": 0.3},
  {   "id_d":3,
13 "comprimento_paredes": 4.47,
    "altura_paredes": 2.6,
15 "U_paredes": 0.3},
  {   "id_d":4,
17 "comprimento_paredes": 11.76,
    "altura_paredes": 2.6,
19 "U_paredes": 0.3
  }],
21
  "numeros_pavimento_contato_exterior": 1,
23 "Pavimento_Contato_Exterior":[
  {   "id_pce": 1,
25 "comprimento_pavimento": 0,
    "largura_pavimento": 0,
27 "U_pavimento": 0
  }],
29
  "numeros_cobertura_contato_exterior": 1,
31 "Cobertura_Contato_Exterior":[
  {   "id_cce": 1,
33 "comprimento_cobertura": 12.36,
    "largura_cobertura": 12.36,
35 "U_cobertura": 0.25
  }],
37
  "numeros_vaos_envid_exteriores": 10,
39 "Vaos_Envidracados_Exteriores":[
  {   "id_vee": 1,
41 "comprimento": 2.84,
    "altura": 2.84,
43 "U": 2.20},
  {   "id_vee": 2,
45 "comprimento": 2.61,
    "altura": 2.61,
47 "U": 2.20},
  {   "id_vee": 3,
49 "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,

```

```

51  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 4,
53  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
55  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 5,
57  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
59  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 6,
61  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,
63  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 7,
65  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,
67  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 8,
69  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
71  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 9,
73  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
75  "U": 2.20},
    {    "id_vee": 10,
77  "comprimento": 2.01,
    "altura": 0.4,
79  "U": 2.20
    }],
81
    "numeros_vaos_int_solarios_etc": 1,
83  "Vaos_int_solarios_etc":[
    {    "id_vise": 1,
85  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
87  "U": 0
    }],
89
    "numeros_solares_vao_int_cont_solario_etc": 1,
91  "Solares_vao_int_cont_solario_etc":[
    {    "id_svics": 1,
93  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
95  "U": 0
    }],
97
    "numeros_vaos_opacos_ext": 1,
99  "Vaos_Opacos_Exteriores":[
    {    "id_vop": 1,
101  "largura_porta_entrada": 0,
    "altura_porta_entrada": 0,
103  "U_porta_de_entrada": 0.8
    }],
105  "numeros_pontes_termicas_lineares": 7,
    "Pontes_Termicas_Lineares":[
107  {    "id_ptl": 1,

```

```

    "comp_B": 14.71,
109 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 2,
111 "comp_B": 10.12,
    "fi": 0.5},
113 { "id_ptl": 3,
    "comp_B": 152.73,
115 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 4,
117 "comp_B": 0,
    "fi": 0.5},
119 { "id_ptl": 5,
    "comp_B": 33.50,
121 "fi": 0.4},
    { "id_ptl": 6,
123 "comp_B": 49.98,
    "fi": 0.2},
125 { "id_ptl": 7,
    "comp_B": 16.66,
127 "fi": 0.2
    }],
129 "numeros_paredes_contato_espacos_ao_uteis": 3,
    "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis": [
131 { "id_pcenu": 1,
    "comprimento": 5.47,
133 "largura": 2.6,
    "U": 0.3,
135 "btr": 0.8},
    { "id_pcenu": 2,
137 "comprimento": 2.88,
    "largura": 2.6,
139 "U": 0.3,
    "btr": 1},
141 { "id_pcenu": 3,
    "comprimento": 0,
143 "largura": 0,
    "U": 0.8,
145 "btr": 0.8
    }],
147 "numeros_paredes_cont_edf_adj": 1,
    "Paredes_Contato_Edificio_Adjacente": [
149 { "id_pced": 1,
    "comprimento_parede": 0,
151 "altura_parede": 0,
    "U_parede": 0.4,
153 "btr_parede": 0.6
    }],
155 "numeros_pav_sobr_espacos_ao_uteis": 2,
    "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis": [
157 { "id_psenu": 1,
    "comprimento": 0,
159 "largura": 0,
    "U": 0.35,
161 "btr": 0.8},
    { "id_psenu": 2,
163 "comprimento": 0,
    "largura": 0,

```

```
165  "U": 0.35,
    "btr": 0.8
167  }],

169  "numeros_cob_int_espac_ao_uteis": 1,
    "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis": [
171  {  "id_cienu": 1,
      "comprimento": 0,
173  "largura": 0,
      "U": 0,
175  "btr": 0
    }],

177  "numeros_vao_cont_esp_ao_uteis": 1,
    "Vao_cont_esp_ao_uteis": [
179  {  "id_vcenu": 1,
      "comprimento": 0,
181  "largura": 0,
      "U": 0,
183  "btr": 0
    }],

185  }],

187  "numeros_vao_cont_solario_etc": 1,
    "Vao_cont_solario_etc": [
189  {  "id_vcse": 1,
      "comprimento": 0,
191  "largura": 0,
      "U": 0,
193  "btr": 0
    }],

195  "numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular": 1,
    "Pontes_termica_lineares_caso_particular": [
197  {  "id_ptlcp": 1,
      "comprimento": 0,
199  "largura": 0,
      "si": 0,
201  "btr": 0
    }],

203  }],

205  "numeros_paredes_contato_solo": 1,
    "Paredes_enterradas": [
207  {  "id_pe": 1,
      "comp_acesso_entrada_1": 0,
209  "altura_acesso_entrada_1": 0,
      "U_acesso_entrada_1": 0.26
211  }],
    "numeros_pavimentos_enterrados": 1,
    "Pavimentos_Enterrados": [
213  {  "id_pave": 1,
      "comp_acesso_entrada_2": 0,
215  "altura_acesso_entrada_2": 0,
      "U_acesso_entrada_2": 0.31
217  }],

219  "numeros_pavimentos_terreos": 1,
221  "Pavimentos_Terreo": [
```

```

    {  "id_pt": 1,
223  "comp": 0,
    "altura": 0,
225  "U": 0
    }],
227  "Paredes_Exteriores_Uref":[
229  {  "id_peuref": 1,
    "Uref_paredes": 0.3},
231  {  "id_peuref": 2,
    "Uref_paredes": 0.3},
233  {  "id_peuref": 3,
    "Uref_paredes": 0.3},
235  {  "id_peuref": 4,
    "Uref_paredes": 0.3
237  }],

239  "Pavimento_Contato_Exterior_Uref":[
    {  "id_pceuref": 1,
241  "Uref_pavimento": 0
    }],
243  "Cobertura_Contato_Exterior_Uref":[
245  {  "id_cceref": 1,
    "Uref_cobertura": 0.25
247  }],
    "Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref":[
249  {  "id_veeref": 1,
    "Uref": 2.20},
251  {  "id_veeref": 2,
    "Uref": 2.20},
253  {  "id_veeref": 3,
    "Uref": 2.20},
255  {  "id_veeref": 4,
    "Uref": 2.20},
257  {  "id_veeref": 5,
    "Uref": 2.20},
259  {  "id_veeref": 6,
    "Uref": 2.20},
261  {  "id_veeref": 7,
    "Uref": 2.20},
263  {  "id_veeref": 8,
    "Uref": 2.20},
265  {  "id_veeref": 9,
    "Uref": 2.20},
267  {  "id_veeref": 10,
    "Uref": 2.20
269  }],
    "Vaos_Opacos_Exteriores_Uref":[
271  {  "id_voeref": 1,
    "Uref_porta_de_entrada": 0.3
273  }],
    "Pontes_Termicas_Lineares_firef":[
275  {  "id_ptlfiref": 1,
    "firef": 0.5},
277  {  "id_ptlfiref": 2,
    "firef": 0.5},

```

```

279 {  "id_ptlfiref": 3,
      "firef": 0.5},
281 {  "id_ptlfiref": 4,
      "firef": 0.5},
283 {  "id_ptlfiref": 5,
      "firef": 0.4},
285 {  "id_ptlfiref": 6,
      "firef": 0.2},
287 {  "id_ptlfiref": 7,
      "firef": 0.2
289  }],
      "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
291 {  "id_pcenuref": 1,
      "Uref": 0.3},
293 {  "id_pcenuref": 2,
      "Uref": 0.3},
295 {  "id_pcenuref": 3,
      "Uref": 0.3
297  }],

299 "Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref":[
    {  "id_pcearef": 1,
301    "Uref_parede": 0
    }],
303 "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_psenuref":1,
305    "Uref": 0},
    {  "id_psenuref":2,
307    "Uref": 0
    }],
309
      "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
311 {  "id_cienu_ref":1,
      "Uref": 0
313  }],

315 "Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref":[
    {  "id_vcenu_ref":1,
317    "Uref": 0
    }],
319
      "Vao_cont_solario_etc_Uref":[
321 {  "id_vcse_ref":1,
      "Uref": 0
323  }],

325 "Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref":[
    {  "id_ptlcp_ref":1,
327    "siref": 0
    }],
329
      "Paredes_Enterradas_Uref":[
331 {  "id_peref": 1,
      "Uref_acesso_entrada_1": 0
333  }],
      "Pavimentos_Enterrados_Uref":[
335 {  "id_peref": 1,

```

```

    "Uref_acesso_entrada_2": 0
337  }],

339  "Pavimentos_Terreo_ref":[
    {  "id_ptref": 1,
341  "Uref": 0
    }],
343
    "Estacao_Aquecimento":
345  {
    "nrci": 0,
347  "Vins": 0,
    "Rph_i": 0.6
349  },
    "Dados_Gerais":
351  {
    "Ap": 135.44,
353  "Pd": 2.60,
    "GD": 1851,
355  "qint": 4,
    "M": 7.5,
357  "Gsul": 135,
    "Lv": 2928
359  },
    "Estacao_Arrefecimento":
361  {
    "nrcv": 0,
363  "Rph_v": 0.6
    },
365  "Estacao_Aquecimento_Ref":
    {
367  "Rph_i_ref": 0.6
    },
369  "Ganhos_Solares":[
    {  "id_gs": 1,
371  "fator_obstrucao": 0.27,
    "fator_de_orientacao": 1,
373  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
375  {  "id_gs": 2,
    "fator_obstrucao": 0.43,
377  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
379  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 3,
381  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
383  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
385  {  "id_gs": 4,
    "fator_obstrucao": 0.43,
387  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
389  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 5,
391  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,

```

```

393 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
395 {  "id_gs": 6,
    "fator_obstrucao": 1,
397 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
399 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 7,
401 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
403 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
405 {  "id_gs": 8,
    "fator_obstrucao": 1,
407 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
409 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 9,
411 "fator_obstrucao": 0.34,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
413 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
415 {  "id_gs": 10,
    "fator_obstrucao": 0.34,
417 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
419 "gi": 0.68
    }],
421 "Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados":[
    {  "id_gsve": 1,
423 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.25,
425 "Isol": 420,
    "Fsv": 0.22},
427 {  "id_gsve": 2,
    "fracao_envidracado": 0.65,
429 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 495,
431 "Fsv": 0.36},
    {  "id_gsve": 3,
433 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
435 "Isol": 495,
    "Fsv": 0.36},
437 {  "id_gsve": 4,
    "fracao_envidracado": 0.65,
439 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 495,
441 "Fsv": 0.36},
    {  "id_gsve": 5,
443 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
445 "Isol": 495,
    "Fsv": 0.36},
447 {  "id_gsve": 6,
    "fracao_envidracado": 0.65,
449 "FS_verao": 0.97,

```

```

    "Isol": 225,
451 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 7,
453 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,
455 "Isol": 225,
    "Fsv": 0.9},
457 { "id_gsve": 8,
    "fracao_envidracado": 0.65,
459 "FS_verao": 0.97,
    "Isol": 225,
461 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 9,
463 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
465 "Isol": 420,
    "Fsv": 0.35},
467 { "id_gsve": 10,
    "fracao_envidracado": 0.65,
469 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 420,
471 "Fsv": 0.35
    }],
473 "numeros_envolvente_opaca_ext": 4,
    "Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior": [
475 { "id_eeope": 1,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
477 "U_parede_exterior": 0.3,
    "Aop_parede_exterior": 42.151,
479 "Isol_parede": 225,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
481 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 2,
483 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.3,
485 "Aop_parede_exterior": 16.515,
    "Isol_parede": 420,
487 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
489 { "id_eeope": 3,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
491 "U_parede_exterior": 0.3,
    "Aop_parede_exterior": 11.615,
493 "Isol_parede": 495,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
495 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 4,
497 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.3,
499 "Aop_parede_exterior": 30.543,
    "Isol_parede": 495,
501 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04
503 }],
    "numeros_env_opc_cob_ext": 1,
505 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior": [
    { "id_eeoce": 1,

```

```

507 "coef_absorcao_cobertura_exterior": 0.5,
    "U_cobertura_exterior": 0.25,
509 "Aop_cobertura_exterior": 142.56,
    "Isol_cobertura_exterior": 820,
511 "Fator_obstucacao_cobertura_exterior": 1,
    "Rse": 0.04
513  }],
    "numeros_env_opc_cob_interior": 1,
515 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior": [
    { "id_eeoci": 1,
517 "coef_absorcao_cobertura_interior": 0,
    "U_cobertura_interior": 0,
519 "Aop_cobertura_interior": 0,
    "Isol_cobertura_interior": 0,
521 "Fator_obstucacao_cobertura_interior": 1,
    "Rse": 0
523  }],
    "numeros_env_opc_vaos_opc_ext": 1,
525 "Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores": [
    { "id_eeovoe": 1,
527 "coef_absorcao_vaos_opacos_exterior": 0,
    "U_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
529 "Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Isol_vaos_opacos_exterior": 0,
531 "Rse": 0,
    "Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior": 0
533  }],
    "Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg":
535 {
    "gv_ref": 0.43,
537 "Aw_ref/Ap_ref": 0.2,
    "Isol_ref": 490
539 },
    "Ganhos_Termicos_Brutos":
541 {
    "Inercia": 4.2
543 },
    "Fator_utiliz_Ganhos_Ref":
545 {
    "fator_utilizacao_ganhos_ni_ref": 0.6
547 },
    "Trans_Calor_Renovacao_Ar":
549 {
    "(tetav_ref - tetav_ext)": 4
551 },
    "Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec":
553 {
    "Inercia": 4.2
555 },
    "Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref":
557 {
    "nv_ref": 0.83
559 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec":
561 {
    "f1": 1,
563 "sigma": 1,

```

```

    "eficiencia_nominal_caldeira": 0.92,
565 "fator_conversao_caldeira": 1
    },
567 "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref":
    {
569 "fv": 1,
    "eficiencia_nominal_sistema_referencia": 3.2,
571 "fator_conversao_sistema_ref": 2.5
    },
573 "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS":
    {
575 "numero_ocupantes": 5,
    "fator_eficiencia_hidrica": 0.9,
577 "aumento_temperatura": 35,
    "dias_consumo": 365,
579 "fa_caldeira": 0.39,
    "fa_painel_solar": 0.61,
581 "eficiencia_nominal_painel_solar": 1,
    "fator_conversao_painel_solar": 1
583 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec":
585 {
    "Wvm": 0,
587 "Fpu": 2.5
    },
589 "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref":
    {
591 "Fpui": 1,
    "eficiencia_nominal_caldeira_ref": 0.92
593 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref":
595 {
    "fv_sist_ref": 1,
597 "Fpu_sist_ref": 2.5,
    "efic_nominal_ref": 3.2
599 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref":
601 {
    "fator_eficiencia_hidrica_ref": 1,
603 "aumento_temperatura_ref": 35,
    "fa_cal_gas_ref": 1,
605 "Fpu_caldeira_gas_ref": 1,
    "efic_nominal_cald_gas_ref": 0.92
607 },
    "Eficiencia_Energetica": {
609
    }
611
}

```

Listing D.2 – Arquivos de saída para o código - Caso 3

1

```

{"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado__Nic":
  62.38161377168516, "_Resultado__Ni": 85.93001071399883, "_Resultado__Nvc":
  3.0954685141211433, "_Resultado__Nv": 9.154840000000004, "_Resultado__Qg_v":
  3109.55727534, "_Resultado__Qg_v_ref": 7293.71488, "_Resultado__Qg_i":

```

```
5409.010369422, "_Resultado__Qg_i_ref": 3591.0561599999996, "  
_Resultado__Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255, "  
_Resultado__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217, "  
_Resultado__Ntc": 78.5951739252055, "_Resultado__Nt": 124.40265850471607, "  
_Resultado__Eficiencia": 0.6317805010752723, "_Resultado__classe_energetica": "B  
"}}
```

APÊNDICE E – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O CÓDIGO - CASO 4

Listing E.1 – Arquivos de entrada para o código - Caso 4

```

1
  {   "numeros_paredes": 4,
3  "Paredes_Exteriores":[
  {   "id_p": 1,
5  "comprimento_paredes": 16.20,
    "altura_paredes": 2.60,
7  "U_paredes": 0.4},
  {   "id_p":2,
9  "comprimento_paredes": 6.33,
    "altura_paredes": 2.6,
11 "U_paredes": 0.4},
  {   "id_d":3,
13 "comprimento_paredes": 4.47,
    "altura_paredes": 2.6,
15 "U_paredes": 0.4},
  {   "id_d":4,
17 "comprimento_paredes": 11.76,
    "altura_paredes": 2.6,
19 "U_paredes": 0.4
  ]] ,
21
  "numeros_pavimento_contato_exterior": 1,
23 "Pavimento_Contato_Exterior":[
  {   "id_pce": 1,
25 "comprimento_pavimento": 0,
    "largura_pavimento": 0,
27 "U_pavimento": 0
  ]],
29
  "numeros_cobertura_contato_exterior": 1,
31 "Cobertura_Contato_Exterior":[
  {   "id_cce": 1,
33 "comprimento_cobertura": 12.36,
    "largura_cobertura": 12.36,
35 "U_cobertura": 0.35
  ]],
37
  "numeros_vaos_envid_exteriores": 10,
39 "Vaos_Envidracados_Exteriores":[
  {   "id_vee": 1,
41 "comprimento": 2.84,
    "altura": 2.84,
43 "U": 2.80},
  {   "id_vee": 2,
45 "comprimento": 2.61,
    "altura": 2.61,
47 "U": 2.80},
  {   "id_vee": 3,
49 "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,

```

```

51  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 4,
53  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
55  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 5,
57  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
59  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 6,
61  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,
63  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 7,
65  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.40,
67  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 8,
69  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
71  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 9,
73  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
75  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 10,
77  "comprimento": 2.01,
    "altura": 0.40,
79  "U": 2.80
    }],
81
    "numeros_vaos_int_solarios_etc": 1,
83  "Vaos_int_solarios_etc":[
    {    "id_vise": 1,
85  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
87  "U": 0
    }],
89
    "numeros_solares_vao_int_cont_solario_etc": 1,
91  "Solares_vao_int_cont_solario_etc":[
    {    "id_svics": 1,
93  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
95  "U": 0
    }],
97
    "numeros_vaos_opacos_ext": 1,
99  "Vaos_Opacos_Exteriores":[
    {    "id_vop": 1,
101  "largura_porta_entrada": 0,
    "altura_porta_entrada": 0,
103  "U_porta_de_entrada": 0.8
    }],
105  "numeros_pontes_termicas_lineares": 7,
    "Pontes_Termicas_Lineares":[
107  {    "id_ptl": 1,

```

```

    "comp_B": 14.71,
109 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 2,
111 "comp_B": 10.12,
    "fi": 0.5},
113 { "id_ptl": 3,
    "comp_B": 152.73,
115 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 4,
117 "comp_B": 0,
    "fi": 0.5},
119 { "id_ptl": 5,
    "comp_B": 33.50,
121 "fi": 0.4},
    { "id_ptl": 6,
123 "comp_B": 49.98,
    "fi": 0.2},
125 { "id_ptl": 7,
    "comp_B": 16.66,
127 "fi": 0.2
    }],
129 "numeros_paredes_contato_espacos_nao_uteis": 3,
    "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis":[
131 { "id_pcenu": 1,
    "comprimento": 5.47,
133 "largura": 2.6,
    "U": 0.40,
135 "btr": 0.8},
    { "id_pcenu": 2,
137 "comprimento": 2.88,
    "largura": 2.6,
139 "U": 0.40,
    "btr": 1},
141 { "id_pcenu": 3,
    "comprimento": 0,
143 "largura": 0,
    "U": 0.8,
145 "btr": 0.8
    }],
147 "numeros_paredes_cont_edf_adj": 1,
    "Paredes_Contato_Edificio_Adjacente":[
149 { "id_pced": 1,
    "comprimento_parede": 0,
151 "altura_parede": 0,
    "U_parede": 0.4,
153 "btr_parede": 0.6
    }],
155 "numeros_pav_sobr_espacos_nao_uteis": 2,
    "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis":[
157 { "id_psenu": 1,
    "comprimento": 0,
159 "largura": 0,
    "U": 0.35,
161 "btr": 0.8},
    { "id_psenu": 2,
163 "comprimento": 0,
    "largura": 0,

```

```
219     "numeros_pavimentos_terreos": 1,
```

```

    {  "id_pt": 1,
223  "comp": 0,
    "altura": 0,
225  "U": 0
    }],
227  "Paredes_Exteriores_Uref":[
229  {  "id_peuref": 1,
    "Uref_paredes": 0.40},
231  {  "id_peuref": 2,
    "Uref_paredes": 0.40},
233  {  "id_peuref": 3,
    "Uref_paredes": 0.40},
235  {  "id_peuref": 4,
    "Uref_paredes": 0.40
237  }],

239  "Pavimento_Contato_Exterior_Uref":[
    {  "id_pceuref": 1,
241  "Uref_pavimento": 0
    }],
243  "Cobertura_Contato_Exterior_Uref":[
245  {  "id_cceref": 1,
    "Uref_cobertura": 0.35
247  }],
    "Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref":[
249  {  "id_veeref": 1,
    "Uref": 2.80},
251  {  "id_veeref": 2,
    "Uref": 2.80},
253  {  "id_veeref": 3,
    "Uref": 2.80},
255  {  "id_veeref": 4,
    "Uref": 2.80},
257  {  "id_veeref": 5,
    "Uref": 2.80},
259  {  "id_veeref": 6,
    "Uref": 2.80},
261  {  "id_veeref": 7,
    "Uref": 2.80},
263  {  "id_veeref": 8,
    "Uref": 2.80},
265  {  "id_veeref": 9,
    "Uref": 2.80},
267  {  "id_veeref": 10,
    "Uref": 2.80
269  }],
    "Vaos_Opacos_Exteriores_Uref":[
271  {  "id_voeref": 1,
    "Uref_porta_de_entrada": 0
273  }],
    "Pontes_Termicas_Lineares_firef":[
275  {  "id_ptlfiref": 1,
    "firef": 0.5},
277  {  "id_ptlfiref": 2,
    "firef": 0.5},

```

```

279 {  "id_ptlfiref": 3,
      "firef": 0.5},
281 {  "id_ptlfiref": 4,
      "firef": 0.5},
283 {  "id_ptlfiref": 5,
      "firef": 0.4},
285 {  "id_ptlfiref": 6,
      "firef": 0.2},
287 {  "id_ptlfiref": 7,
      "firef": 0.2
289  }],
      "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
291 {  "id_pcenuref": 1,
      "Uref": 0.40},
293 {  "id_pcenuref": 2,
      "Uref": 0.40},
295 {  "id_pcenuref": 3,
      "Uref": 0.40
297  }],

299 "Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref":[
    {  "id_pcearef": 1,
301    "Uref_parede": 0
    }],
303 "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_psenuref":1,
305    "Uref": 0},
    {  "id_psenuref":2,
307    "Uref": 0
    }],
309
    "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
311 {  "id_cienu_ref":1,
      "Uref": 0
313  }],

315 "Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref":[
    {  "id_vcenu_ref":1,
317    "Uref": 0
    }],
319
    "Vao_cont_solario_etc_Uref":[
321 {  "id_vcse_ref":1,
      "Uref": 0
323  }],

325 "Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref":[
    {  "id_ptlcp_ref":1,
327    "siref": 0
    }],
329
    "Paredes_Enterradas_Uref":[
331 {  "id_peref": 1,
      "Uref_acesso_entrada_1": 0
333  }],
    "Pavimentos_Enterrados_Uref":[
335 {  "id_peref": 1,

```

```

    "Uref_acesso_entrada_2": 0
337  }],

339  "Pavimentos_Terreo_ref":[
    {  "id_ptref": 1,
341  "Uref": 0
    }],
343
    "Estacao_Aquecimento":
345  {
    "nrci": 0,
347  "Vins": 0,
    "Rph_i": 0.6
349  },
    "Dados_Gerais":
351  {
    "Ap": 135.44,
353  "Pd": 2.60,
    "GD": 618,
355  "qint": 4,
    "M": 3.2,
357  "Gsul": 105,
    "Lv": 2928
359  },
    "Estacao_Arrefecimento":
361  {
    "nrcv": 0,
363  "Rph_v": 0.6
    },
365  "Estacao_Aquecimento_Ref":
    {
367  "Rph_i_ref": 0.6
    },
369  "Ganhos_Solares":[
    {  "id_gs": 1,
371  "fator_obstrucao": 0.27,
    "fator_de_orientacao": 1,
373  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
375  {  "id_gs": 2,
    "fator_obstrucao": 0.43,
377  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
379  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 3,
381  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
383  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
385  {  "id_gs": 4,
    "fator_obstrucao": 0.43,
387  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
389  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 5,
391  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,

```

```

393 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
395 { "id_gs": 6,
    "fator_obstrucao": 1,
397 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
399 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 7,
401 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
403 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
405 { "id_gs": 8,
    "fator_obstrucao": 1,
407 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
409 "gi": 0.68},
    { "id_gs": 9,
411 "fator_obstrucao": 0.34,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
413 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
415 { "id_gs": 10,
    "fator_obstrucao": 0.34,
417 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
419 "gi": 0.68
    }],
421 "Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados":[
    { "id_gsve": 1,
423 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.25,
425 "Isol": 280,
    "Fsv": 0.22},
427 { "id_gsve": 2,
    "fracao_envidracado": 0.65,
429 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 325,
431 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 3,
433 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
435 "Isol": 325,
    "Fsv": 0.36},
437 { "id_gsve": 4,
    "fracao_envidracado": 0.65,
439 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 325,
441 "Fsv": 0.36},
    { "id_gsve": 5,
443 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
445 "Isol": 325,
    "Fsv": 0.36},
447 { "id_gsve": 6,
    "fracao_envidracado": 0.65,
449 "FS_verao": 0.97,

```

```

    "Isol": 195,
451 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 7,
453 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,
455 "Isol": 195,
    "Fsv": 0.9},
457 { "id_gsve": 8,
    "fracao_envidracado": 0.65,
459 "FS_verao": 0.97,
    "Isol": 195,
461 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 9,
463 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
465 "Isol": 325,
    "Fsv": 0.35},
467 { "id_gsve": 10,
    "fracao_envidracado": 0.65,
469 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 325,
471 "Fsv": 0.35
    }],
473 "numeros_envolvente_opaca_ext": 4,
    "Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior": [
475 { "id_eeope": 1,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
477 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 42.151,
479 "Isol_parede": 195,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
481 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 2,
483 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
485 "Aop_parede_exterior": 16.515,
    "Isol_parede": 280,
487 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
489 { "id_eeope": 3,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
491 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 11.615,
493 "Isol_parede": 325,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
495 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 4,
497 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
499 "Aop_parede_exterior": 30.543,
    "Isol_parede": 325,
501 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04
503 }],
    "numeros_env_opc_cob_ext": 1,
505 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior": [
    { "id_eeoce": 1,

```

```

507 "coef_absorcao_cobertura_exterior": 0.5,
    "U_cobertura_exterior": 0.35,
509 "Aop_cobertura_exterior": 142.56,
    "Isol_cobertura_exterior": 580,
511 "Fator_obstucacao_cobertura_exterior": 1,
    "Rse": 0.04
513  ]],
    "numeros_env_opc_cob_interior": 1,
515 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior": [
    { "id_eeoci": 1,
517 "coef_absorcao_cobertura_interior": 0,
    "U_cobertura_interior": 0,
519 "Aop_cobertura_interior": 0,
    "Isol_cobertura_interior": 0,
521 "Fator_obstucacao_cobertura_interior": 1,
    "Rse": 0
523  ]],
    "numeros_env_opc_vaos_opc_ext": 1,
525 "Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores": [
    { "id_eeovoe": 1,
527 "coef_absorcao_vaos_opacos_exterior": 0,
    "U_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
529 "Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Isol_vaos_opacos_exterior": 0,
531 "Rse": 0,
    "Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior": 0
533  ]],
    "Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg":
535 {
    "gv_ref": 0.43,
537 "Aw_ref/Ap_ref": 0.2,
    "Isol_ref": 490
539 },
    "Ganhos_Termicos_Brutos":
541 {
    "Inercia": 4.2
543 },
    "Fator_utiliz_Ganhos_Ref":
545 {
    "fator_utilizacao_ganhos_ni_ref": 0.6
547 },
    "Trans_Calor_Renovacao_Ar":
549 {
    "(tetav_ref - tetav_ext)": 4.8
551 },
    "Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec":
553 {
    "Inercia": 4.2
555 },
    "Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref":
557 {
    "nv_ref": 0.83
559 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec":
561 {
    "f1": 1,
563 "sigma": 1,

```

```

    "eficiencia_nominal_caldeira": 0.92,
565 "fator_conversao_caldeira": 1
    },
567 "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref":
    {
569 "fv": 1,
    "eficiencia_nominal_sistema_referencia": 3.2,
571 "fator_conversao_sistema_ref": 2.5
    },
573 "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS":
    {
575 "numero_ocupantes": 5,
    "fator_eficiencia_hidrica": 0.9,
577 "aumento_temperatura": 35,
    "dias_consumo": 365,
579 "fa_caldeira": 0.39,
    "fa_painel_solar": 0.61,
581 "eficiencia_nominal_painel_solar": 1,
    "fator_conversao_painel_solar": 1
583 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec":
585 {
    "Wvm": 0,
587 "Fpu": 2.5
    },
589 "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref":
    {
591 "Fpui": 1,
    "eficiencia_nominal_caldeira_ref": 0.92
593 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref":
595 {
    "fv_sist_ref": 1,
597 "Fpu_sist_ref": 2.5,
    "efic_nominal_ref": 3.2
599 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref":
601 {
    "fator_eficiencia_hidrica_ref": 1,
603 "aumento_temperatura_ref": 35,
    "fa_cal_gas_ref": 1,
605 "Fpu_caldeira_gas_ref": 1,
    "efic_nominal_cald_gas_ref": 0.92
607 },
    "Eficiencia_Energetica": {
609
    }
611
}

```

Listing E.2 – Arquivos de saída para o código - Caso 4

```

2 {"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado__Nic":
    23.342143191782768, "_Resultado__Ni": 30.62661236526875, "_Resultado__Nvc":
    1.0042764844191288, "_Resultado__Nv": 9.154840000000004, "_Resultado__Qg_v":
    2895.5979479000002, "_Resultado__Qg_v_ref": 7293.71488, "_Resultado__Qg_i":

```

```
2072.37122777856, "_Resultado__Qg_i_ref": 1765.86672, "  
_Resultado__Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255, "  
_Resultado__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217, "  
_Resultado__Ntc": 34.52722299993298, "_Resultado__Nt": 64.29026899522685, "  
_Resultado__Eficiencia": 0.5370520848574519, "_Resultado__classe_energetica": "B  
"}}
```

APÊNDICE F – ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA O CÓDIGO - CASO 5

Listing F.1 – Arquivos de entrada para o código - Caso 5

```

1
  {   "numeros_paredes": 4,
3  "Paredes_Exteriores":[
  {   "id_p": 1,
5  "comprimento_paredes": 16.20,
    "altura_paredes": 2.60,
7  "U_paredes": 0.4},
  {   "id_p":2,
9  "comprimento_paredes": 6.33,
    "altura_paredes": 2.6,
11 "U_paredes": 0.4},
  {   "id_d":3,
13 "comprimento_paredes": 4.47,
    "altura_paredes": 2.6,
15 "U_paredes": 0.4},
  {   "id_d":4,
17 "comprimento_paredes": 11.76,
    "altura_paredes": 2.6,
19 "U_paredes": 0.4
  ]] ,
21
  "numeros_pavimento_contato_exterior": 1,
23 "Pavimento_Contato_Exterior":[
  {   "id_pce": 1,
25 "comprimento_pavimento": 0,
    "largura_pavimento": 0,
27 "U_pavimento": 0
  ]],
29
  "numeros_cobertura_contato_exterior": 1,
31 "Cobertura_Contato_Exterior":[
  {   "id_cce": 1,
33 "comprimento_cobertura": 12.36,
    "largura_cobertura": 12.36,
35 "U_cobertura": 0.35
  ]],
37
  "numeros_vaos_envid_exteriores": 10,
39 "Vaos_Envidracados_Exteriores":[
  {   "id_vee": 1,
41 "comprimento": 2.84,
    "altura": 2.84,
43 "U": 2.80},
  {   "id_vee": 2,
45 "comprimento": 2.61,
    "altura": 2.61,
47 "U": 2.80},
  {   "id_vee": 3,
49 "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.4,

```

```

51  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 4,
53  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
55  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 5,
57  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
59  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 6,
61  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.4,
63  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 7,
65  "comprimento": 0.68,
    "altura": 0.4,
67  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 8,
69  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
71  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 9,
73  "comprimento": 1.45,
    "altura": 1.0,
75  "U": 2.80},
    {    "id_vee": 10,
77  "comprimento": 2.01,
    "altura": 0.40,
79  "U": 2.80
    }],
81
    "numeros_vaos_int_solaris_etc": 1,
83  "Vaos_int_solaris_etc":[
    {    "id_vise": 1,
85  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
87  "U": 0
    }],
89
    "numeros_solares_vao_int_cont_solaris_etc": 1,
91  "Solares_vao_int_cont_solaris_etc":[
    {    "id_svics": 1,
93  "comprimento": 0,
    "altura": 0,
95  "U": 0
    }],
97
    "numeros_vaos_opacos_ext": 1,
99  "Vaos_Opacos_Exteriores":[
    {    "id_vop": 1,
101  "largura_porta_entrada": 0,
    "altura_porta_entrada": 0,
103  "U_porta_de_entrada": 0.8
    }],
105  "numeros_pontes_termicas_lineares": 7,
    "Pontes_Termicas_Lineares":[
107  {    "id_ptl": 1,

```

```

    "comp_B": 14.71,
109 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 2,
111 "comp_B": 10.12,
    "fi": 0.5},
113 { "id_ptl": 3,
    "comp_B": 152.73,
115 "fi": 0.5},
    { "id_ptl": 4,
117 "comp_B": 0,
    "fi": 0.5},
119 { "id_ptl": 5,
    "comp_B": 33.50,
121 "fi": 0.4},
    { "id_ptl": 6,
123 "comp_B": 49.98,
    "fi": 0.2},
125 { "id_ptl": 7,
    "comp_B": 16.66,
127 "fi": 0.2
    }],
129 "numeros_paredes_contato_espacos_ao_uteis": 3,
    "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis": [
131 { "id_pcenu": 1,
    "comprimento": 5.47,
133 "largura": 2.6,
    "U": 0.40,
135 "btr": 0.8},
    { "id_pcenu": 2,
137 "comprimento": 2.88,
    "largura": 2.6,
139 "U": 0.40,
    "btr": 1},
141 { "id_pcenu": 3,
    "comprimento": 0,
143 "largura": 0,
    "U": 0.8,
145 "btr": 0.8
    }],
147 "numeros_paredes_cont_edf_adj": 1,
    "Paredes_Contato_Edificio_Adjacente": [
149 { "id_pced": 1,
    "comprimento_parede": 0,
151 "altura_parede": 0,
    "U_parede": 0.4,
153 "btr_parede": 0.6
    }],
155 "numeros_pav_sobr_espacos_ao_uteis": 2,
    "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis": [
157 { "id_psenu": 1,
    "comprimento": 0,
159 "largura": 0,
    "U": 0.35,
161 "btr": 0.8},
    { "id_psenu": 2,
163 "comprimento": 0,
    "largura": 0,

```

```
165  "U": 0.35,  
    "btr": 0.8  
167  }],  
  
169  "numeros_cob_int_espac_ao_uteis": 1,  
    "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis": [  
171  {  "id_cienu": 1,  
      "comprimento": 0,  
173  "largura": 0,  
      "U": 0,  
175  "btr": 0  
    }],  
177  
    "numeros_vao_cont_esp_ao_uteis": 1,  
179  "Vao_cont_esp_ao_uteis": [  
    {  "id_vcenu": 1,  
181  "comprimento": 0,  
      "largura": 0,  
183  "U": 0,  
      "btr": 0  
185  }],  
  
187  "numeros_vao_cont_solario_etc": 1,  
    "Vao_cont_solario_etc": [  
189  {  "id_vcse": 1,  
      "comprimento": 0,  
191  "largura": 0,  
      "U": 0,  
193  "btr": 0  
    }],  
195  
    "numeros_pontes_termica_lineares_caso_particular": 1,  
197  "Pontes_termica_lineares_caso_particular": [  
    {  "id_ptlcp": 1,  
199  "comprimento": 0,  
      "largura": 0,  
201  "si": 0,  
      "btr": 0  
203  }],  
  
205  "numeros_paredes_contato_solo": 1,  
    "Paredes_enterradas": [  
207  {  "id_pe": 1,  
      "comp_acesso_entrada_1": 0,  
209  "altura_acesso_entrada_1": 0,  
      "U_acesso_entrada_1": 0.26  
211  }],  
    "numeros_pavimentos_enterrados": 1,  
213  "Pavimentos_Enterrados": [  
    {  "id_pave": 1,  
215  "comp_acesso_entrada_2": 0,  
      "altura_acesso_entrada_2": 0,  
217  "U_acesso_entrada_2": 0.31  
    }],  
219  
    "numeros_pavimentos_terreos": 1,  
221  "Pavimentos_Terreo": [  

```

```

    {  "id_pt": 1,
223  "comp": 0,
    "altura": 0,
225  "U": 0
    }],
227  "Paredes_Exteriores_Uref":[
229  {  "id_peuref": 1,
    "Uref_paredes": 0.40},
231  {  "id_peuref": 2,
    "Uref_paredes": 0.40},
233  {  "id_peuref": 3,
    "Uref_paredes": 0.40},
235  {  "id_peuref": 4,
    "Uref_paredes": 0.40
237  }],

239  "Pavimento_Contato_Exterior_Uref":[
    {  "id_pceuref": 1,
241  "Uref_pavimento": 0
    }],
243  "Cobertura_Contato_Exterior_Uref":[
245  {  "id_cceref": 1,
    "Uref_cobertura": 0.35
247  }],
    "Vaos_Envidracados_Exteriores_Uref":[
249  {  "id_veeref": 1,
    "Uref": 2.80},
251  {  "id_veeref": 2,
    "Uref": 2.80},
253  {  "id_veeref": 3,
    "Uref": 2.80},
255  {  "id_veeref": 4,
    "Uref": 2.80},
257  {  "id_veeref": 5,
    "Uref": 2.80},
259  {  "id_veeref": 6,
    "Uref": 2.80},
261  {  "id_veeref": 7,
    "Uref": 2.80},
263  {  "id_veeref": 8,
    "Uref": 2.80},
265  {  "id_veeref": 9,
    "Uref": 2.80},
267  {  "id_veeref": 10,
    "Uref": 2.80
269  }],
    "Vaos_Opacos_Exteriores_Uref":[
271  {  "id_voeref": 1,
    "Uref_porta_de_entrada": 0
273  }],
    "Pontes_Termicas_Lineares_firef":[
275  {  "id_ptlfiref": 1,
    "firef": 0.5},
277  {  "id_ptlfiref": 2,
    "firef": 0.5},

```

```

279 {  "id_ptlfiref": 3,
      "firef": 0.5},
281 {  "id_ptlfiref": 4,
      "firef": 0.5},
283 {  "id_ptlfiref": 5,
      "firef": 0.4},
285 {  "id_ptlfiref": 6,
      "firef": 0.2},
287 {  "id_ptlfiref": 7,
      "firef": 0.2
289  }],
      "Paredes_Contato_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
291 {  "id_pcenuref": 1,
      "Uref": 0.40},
293 {  "id_pcenuref": 2,
      "Uref": 0.40},
295 {  "id_pcenuref": 3,
      "Uref": 0.40
297  }],

299 "Parades_Contato_Edificio_Adjacente_Uref":[
    {  "id_pcearef": 1,
301    "Uref_parede": 0
    }],
303 "Pavimentos_Sobre_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
    {  "id_psenuref":1,
305    "Uref": 0},
    {  "id_psenuref":2,
307    "Uref": 0
    }],
309
    "Cobertura_interior_Espacos_Nao_Uteis_Uref":[
311 {  "id_cienu_ref":1,
      "Uref": 0
313  }],

315 "Vao_cont_esp_nao_uteis_Uref":[
    {  "id_vcenu_ref":1,
317    "Uref": 0
    }],
319
    "Vao_cont_solario_etc_Uref":[
321 {  "id_vcse_ref":1,
      "Uref": 0
323  }],

325 "Pontes_termica_lineares_caso_particular_siref":[
    {  "id_ptlcp_ref":1,
327    "siref": 0
    }],
329
    "Paredes_Enterradas_Uref":[
331 {  "id_peref": 1,
      "Uref_acesso_entrada_1": 0
333  }],
    "Pavimentos_Enterrados_Uref":[
335 {  "id_peref": 1,

```

```
    "Uref_acesso_entrada_2": 0
337  ]],

339  "Pavimentos_Terreo_ref":[
    {  "id_ptref": 1,
341  "Uref": 0
    }],
343
    "Estacao_Aquecimento":
345  {
    "nrci": 0,
347  "Vins": 0,
    "Rph_i": 0.6
349  },
    "Dados_Gerais":
351  {
    "Ap": 135.44,
353  "Pd": 2.60,
    "GD": 1135,
355  "qint": 4,
    "M": 5.2,
357  "Gsul": 145,
    "Lv": 2928
359  },
    "Estacao_Arrefecimento":
361  {
    "nrcv": 0,
363  "Rph_v": 0.6
    },
365  "Estacao_Aquecimento_Ref":
    {
367  "Rph_i_ref": 0.6
    },
369  "Ganhos_Solares":[
    {  "id_gs": 1,
371  "fator_obstrucao": 0.27,
    "fator_de_orientacao": 1,
373  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
375  {  "id_gs": 2,
    "fator_obstrucao": 0.43,
377  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
379  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 3,
381  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
383  "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
385  {  "id_gs": 4,
    "fator_obstrucao": 0.43,
387  "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
389  "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 5,
391  "fator_obstrucao": 0.43,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
```

```

393 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
395 {  "id_gs": 6,
    "fator_obstrucao": 1,
397 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
399 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 7,
401 "fator_obstrucao": 1,
    "fator_de_orientacao": 0.27,
403 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
405 {  "id_gs": 8,
    "fator_obstrucao": 1,
407 "fator_de_orientacao": 0.27,
    "fracao_envidacado": 0.65,
409 "gi": 0.68},
    {  "id_gs": 9,
411 "fator_obstrucao": 0.34,
    "fator_de_orientacao": 0.56,
413 "fracao_envidacado": 0.65,
    "gi": 0.68},
415 {  "id_gs": 10,
    "fator_obstrucao": 0.34,
417 "fator_de_orientacao": 0.56,
    "fracao_envidacado": 0.65,
419 "gi": 0.68
    }],
421 "Ganhos_Solares_Vaos_Envidracados":[
    {  "id_gsve": 1,
423 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.25,
425 "Isol": 410,
    "Fsv": 0.22},
427 {  "id_gsve": 2,
    "fracao_envidracado": 0.65,
429 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 500,
431 "Fsv": 0.36},
    {  "id_gsve": 3,
433 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
435 "Isol": 500,
    "Fsv": 0.36},
437 {  "id_gsve": 4,
    "fracao_envidracado": 0.65,
439 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 500,
441 "Fsv": 0.36},
    {  "id_gsve": 5,
443 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
445 "Isol": 500,
    "Fsv": 0.36},
447 {  "id_gsve": 6,
    "fracao_envidracado": 0.65,
449 "FS_verao": 0.97,

```

```

    "Isol": 225,
451 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 7,
453 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.97,
455 "Isol": 225,
    "Fsv": 0.9},
457 { "id_gsve": 8,
    "fracao_envidracado": 0.65,
459 "FS_verao": 0.97,
    "Isol": 225,
461 "Fsv": 0.9},
    { "id_gsve": 9,
463 "fracao_envidracado": 0.65,
    "FS_verao": 0.28,
465 "Isol": 500,
    "Fsv": 0.35},
467 { "id_gsve": 10,
    "fracao_envidracado": 0.65,
469 "FS_verao": 0.28,
    "Isol": 500,
471 "Fsv": 0.35
    }],
473 "numeros_envolvente_opaca_ext": 4,
    "Env_Ext_Opaca_Parede_Exterior": [
475 { "id_eeope": 1,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
477 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 42.151,
479 "Isol_parede": 225,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
481 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 2,
483 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
485 "Aop_parede_exterior": 16.515,
    "Isol_parede": 410,
487 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04},
489 { "id_eeope": 3,
    "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
491 "U_parede_exterior": 0.4,
    "Aop_parede_exterior": 11.615,
493 "Isol_parede": 500,
    "Fator_obstucacao_parede": 1,
495 "Rse": 0.04},
    { "id_eeope": 4,
497 "coef_absorcao_parede_exterior": 0.4,
    "U_parede_exterior": 0.4,
499 "Aop_parede_exterior": 30.543,
    "Isol_parede": 500,
501 "Fator_obstucacao_parede": 1,
    "Rse": 0.04
503 }],
    "numeros_env_opc_cob_ext": 1,
505 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Exterior": [
    { "id_eeoce": 1,

```

```

507 "coef_absorcao_cobertura_exterior": 0.5,
    "U_cobertura_exterior": 0.35,
509 "Aop_cobertura_exterior": 142.56,
    "Isol_cobertura_exterior": 835,
511 "Fator_obstucacao_cobertura_exterior": 1,
    "Rse": 0.04
513  ]],
    "numeros_env_opc_cob_interior": 1,
515 "Env_Ext_Opaca_Cobertura_Interior": [
    { "id_eeoci": 1,
517 "coef_absorcao_cobertura_interior": 0,
    "U_cobertura_interior": 0,
519 "Aop_cobertura_interior": 0,
    "Isol_cobertura_interior": 0,
521 "Fator_obstucacao_cobertura_interior": 1,
    "Rse": 0
523  ]],
    "numeros_env_opc_vaos_opc_ext": 1,
525 "Env_Ext_Opaca_Vaos_Opacos_Exteriores": [
    { "id_eeovoe": 1,
527 "coef_absorcao_vaos_opacos_exterior": 0,
    "U_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
529 "Aop_cobertura_vaos_opacos_exterior": 0,
    "Isol_vaos_opacos_exterior": 0,
531 "Rse": 0,
    "Fator_obstucacao_vaos_opacos_exterior": 0
533  ]],
    "Ganhos_Termicos_Brutos_Ref_Qg":
535 {
    "gv_ref": 0.43,
537 "Aw_ref/Ap_ref": 0.2,
    "Isol_ref": 490
539 },
    "Ganhos_Termicos_Brutos":
541 {
    "Inercia": 4.2
543 },
    "Fator_utiliz_Ganhos_Ref":
545 {
    "fator_utilizacao_ganhos_ni_ref": 0.6
547 },
    "Trans_Calor_Renovacao_Ar":
549 {
    "(tetav_ref - tetav_ext)": 1.9
551 },
    "Nec_Nom_Anuais_Energ_Aquec":
553 {
    "Inercia": 4.2
555 },
    "Lim_Nec_Nom_Anuais_Energ_Arref":
557 {
    "nv_ref": 0.83
559 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec":
561 {
    "f1": 1,
563 "sigma": 1,

```

```

    "eficiencia_nominal_caldeira": 0.92,
565 "fator_conversao_caldeira": 1
    },
567 "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref":
    {
569 "fv": 1,
    "eficiencia_nominal_sistema_referencia": 3.2,
571 "fator_conversao_sistema_ref": 2.5
    },
573 "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS":
    {
575 "numero_ocupantes": 5,
    "fator_eficiencia_hidrica": 0.9,
577 "aumento_temperatura": 35,
    "dias_consumo": 365,
579 "fa_caldeira": 0.39,
    "fa_painel_solar": 0.61,
581 "eficiencia_nominal_painel_solar": 1,
    "fator_conversao_painel_solar": 1
583 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Vent_Mec":
585 {
    "Wvm": 0,
587 "Fpu": 2.5
    },
589 "Nec_Nom_Ene_Prim_Aquec_Ref":
    {
591 "Fpui": 1,
    "eficiencia_nominal_caldeira_ref": 0.92
593 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Arref_Ref":
595 {
    "fv_sist_ref": 1,
597 "Fpu_sist_ref": 2.5,
    "efic_nominal_ref": 3.2
599 },
    "Nec_Nom_Ene_Prim_Prod_AQS_Ref":
601 {
    "fator_eficiencia_hidrica_ref": 1,
603 "aumento_temperatura_ref": 35,
    "fa_cal_gas_ref": 1,
605 "Fpu_caldeira_gas_ref": 1,
    "efic_nominal_cald_gas_ref": 0.92
607 },
    "Eficiencia_Energetica": {
609
    }
611
}

```

Listing F.2 – Arquivos de saída para o código - Caso 5

```

2 {"py/object": "__main__.main.<locals>.Resultado", "_Resultado__Nic":
    42.371512957629825, "_Resultado__Ni": 58.46262109155346, "_Resultado__Nvc":
    11.520671502465678, "_Resultado__Nv": 9.154840000000004, "_Resultado__Qg_v":
    3430.1518705, "_Resultado__Qg_v_ref": 7293.71488, "_Resultado__Qg_i":

```

```
3877.79517090784, "_Resultado__Qg_i_ref": 2743.20176, "  
_Resultado__Energia_primaria_para_preparacao_AQS": 20.416013452130255, "  
_Resultado__Energ_primaria_para_preparacao_AQS_ref": 23.8482541960217, "  
_Resultado__Ntc": 63.427254179354726, "_Resultado__Nt": 94.54680021944937, "  
_Resultado__Eficiencia": 0.6708556400865591, "_Resultado__classe_energetica": "B  
"}}
```