

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO**  
CENTRO DE ARTES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA E URBANISMO

**BRUNA PEROVANO SIRTULI**

**PARÂMETROS PARA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE  
EDIFICAÇÕES DE VALOR HISTÓRICO E CULTURAL**

VITÓRIA  
2020

**BRUNA PEROVANO SIRTULI**

**PARÂMETROS PARA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE  
EDIFICAÇÕES DE VALOR HISTÓRICO E CULTURAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna Aparecida Nico Rodrigues.

VITÓRIA  
2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

S619p Sirtuli, Bruna Perovano, 1994-  
Parâmetros para certificação energética de edificações de valor histórico e cultural / Bruna Perovano Sirtuli. - 2020.  
195 f. : il.

Orientadora: Edna Aparecida Nico-Rodrigues.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Energia elétrica - Consumo. 2. Energia elétrica -  
Conservação. 3. Edifícios históricos. I. Nico-Rodrigues, Edna  
Aparecida. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de  
Artes. III. Título.

CDU: 72

---

BRUNA PEROVANO SIRTULI

“PARÂMETROS PARA CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE  
EDIFICAÇÕES DE VALOR HISTÓRICO E CULTURAL”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em  
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 05 de março de 2020.

Comissão Examinadora



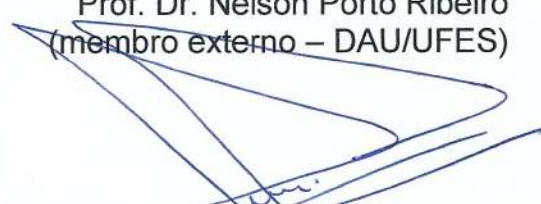
---

Profa. Dra. Edna Aparecida Nico Rodrigues  
(orientadora – PPGAU/UFES)



---

Prof. Dr. Nelson Pôrto Ribeiro  
(membro externo – DAU/UFES)



---

Profa. Dra. Cristina Engel de Alvarez  
(membro interno – PPGAU/UFES)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me sustentar e dar forças para a concretização de mais um sonho.

Agradeço e reconheço o mérito de minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edna Aparecida Nico Rodrigues, pelas orientações atenciosas e pacientes que contribuíram durante o desenvolvimento desta dissertação e para meu crescimento pessoal.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristina Engel de Alvarez, por fazer-se disponível sempre que preciso para contribuir com a pesquisa, e por todas as orientações dadas ao longo de minha trajetória.

Ao Prof. Dr. Nelson Pôrto Ribeiro, pela solicitude de participar das bancas de qualificação e defesa, e pelas contribuições fundamentais para o aprimoramento e resultado final deste estudo.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e em especial ao Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) pela infraestrutura e apoio, com os quais pude me dedicar com exclusividade durante os dois anos à pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos disponibilizada.

Aos amigos do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP), pela ajuda, apoio e amizade. Em especial à Jéssica, Anderson, Nayara, Ingrid e Mariana.

Aos meus pais, Hermínia e Mauro, pelo amor e apoio incondicionais. Ao Vinícius pelo incentivo e companheirismo. E a todos aqueles que torceram e estiveram ao meu lado durante esta caminhada.

*“Tudo vem dos sonhos. Primeiro sonhamos, depois fazemos.”*

*Monteiro Lobato*

## RESUMO

A eficiência energética tem se tornado cada vez mais um assunto discutido na sociedade e na comunidade científica. No entanto, os estudos que relacionam esse tema às edificações históricas ainda são poucos, se comparados aos edifícios contemporâneos. Contudo, o potencial de redução no consumo de energia para prédios históricos é considerável, e pode auxiliar nas metas de eficiência energética globais. Essa pesquisa teve como objetivo propor parâmetros visando o aprimoramento da INI-C, voltados para a avaliação da eficiência energética de edificações de valor histórico e cultural. Para isso, foi realizado um recorte entre os bens tombados na cidade de Vitória – ES, de forma a abarcar todos os métodos construtivos históricos, o que resultou em quatro edifícios. As edificações selecionadas foram: o Palácio Anchieta, a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Maria Ortiz, a sede da Superintendência do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN no Espírito Santo e o Museu Solar Monjardim. A metodologia adotada na pesquisa contou com sete etapas: (1) definição das edificações; (2) levantamento de dados referentes aos edifícios com a identificação dos métodos construtivos empregados, bem como o cálculo das propriedades térmicas das técnicas construtivas predominantes; (3) etiquetagem de eficiência da envoltória das edificações utilizando-se o método prescritivo proposto no RTQ-C; (4) criação e configuração dos modelos virtuais dos edifícios, com o auxílio do programa de simulação computacional *DesignBuilder*, versão 3.4.0.401; (5) calibração dos modelos; (6) realização da etiquetagem de eficiência da envoltória das edificações utilizando-se o método de simulação proposto pela INI-C e (7) estabelecimento dos parâmetros para etiquetagem energética de edificações históricas, voltados para a envoltória, e posteriormente a realização uma nova etiquetagem com o mesmo método, utilizando-se os parâmetros propostos. As técnicas construtivas estudadas foram a pedra e cal, o pau a pique/tabique e o tijolo cerâmico maciço. Os resultados apontaram que as etiquetagens com o RTQ-C obtiveram os mesmos níveis de eficiência para todas as edificações; as realizadas com a INI-C alcançaram etiquetas diferenciadas, assim como as efetuadas com os parâmetros propostos, sendo que estas apresentaram resultados mais condizentes com a realidade das edificações históricas.

Palavras-chave: eficiência energética; edificações históricas; RTQ-C; INI-C.

## **ABSTRACT**

Energy efficiency has become an increasingly discussed topic in society and at the scientific community. However, studies that relate this theme to historic buildings are few compared to contemporary buildings. However, the potential for reducing energy consumption for historic buildings is considerable, and can assist in global energy efficiency goals. This research aimed to propose parameters to improve the INI-C, aimed at assessing the energy efficiency of buildings of historical and cultural value. For this purpose, a cut was made between the listed assets in the city of Vitória – ES, in order to cover all the historical construction methods, which resulted in four buildings. The selected buildings were: Anchieta Palace, Maria Ortiz School, Superintendence of the National Historical and Artistic Heritage Institute - IPHAN in Espírito Santo and Solar Monjardim Museum. The methodology adopted in the research had eight stages: (1) definition of buildings; (2) data survey relating to buildings and identification of the construction methods, as well as the calculation of the thermal properties of the predominant construction techniques; (3) labeling the efficiency of the envelope of buildings using the prescriptive method proposed in RTQ-C; (4) creation and configuration of virtual models of buildings, with the aid of the computer simulation program DesignBuilder, version 3.4.0.401; (5) calibration of the models; (6) labeling of efficiency of the envelope of buildings using the simulation method proposed by INI-C; (7) establishment of parameters for energy labeling of historic buildings, facing the envelope, and subsequently carrying out a new labeling with the same method, using the proposed parameters. The construction techniques studied were stone and lime, the “pau-a-pique” and solid ceramic brick. The results showed that the RTQ-C labeling achieved the same levels of efficiency for all buildings; those carried out with INI-C achieved differentiated labels, as well as those carried out with the proposed parameters, that presented results more consistent with the reality of historic buildings.

Keywords: energy efficiency; historic buildings; RTQ-C; INI-C.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de energia elétrica pelos países .....	22
Figura 2 - Mapa mundial de políticas para eficiência energética de aparelhos de refrigeração .....	24
Figura 3 - Consumo de energia elétrica por setor no Brasil .....	25
Figura 4 - Divisão dos países que consideram energia primária e energia final nas normas de etiquetagem .....	31
Figura 5 – Diferenças entre as etiquetas do RTQ-C e da INI-C .....	38
Figura 6 – Exemplo de parâmetros para condição real e de referência .....	42
Figura 7 - Fluxograma com a metodologia adotada na pesquisa.....	59
Figura 8 - Método para numeração das fachadas.....	61
Figura 9 - Quadrantes para a definição da orientação das fachadas .....	62
Figura 10 - Interface da plataforma WebPrescritivo .....	69
Figura 11 - Frequência de ocorrência de ventos na cidade de Vitória .....	71
Figura 12 - Palácio do Governo em 1909.....	90
Figura 13 - Fachada Sul e Escadaria Bárbara Lindemberg.....	90
Figura 14 - Estado do Palácio Anchieta após a reforma em 2009 .....	91
Figura 15 - Parte das Fachadas Oeste da Escola Maria Ortiz e do Palácio Anchieta .....	91
Figura 16 - Fachada Principal (Leste) da “EEEFM Maria Ortiz” .....	92
Figura 17 - Antes e depois da restauração de 2011: Fachada Principal (Sul)..	94
Figura 18 - Pátio Interno antes da construção do Anexo.....	94
Figura 19 - Fachada do Anexo e Passarelas de ligação entre os dois edifícios.....	94
Figura 20 - Fachada Norte .....	95
Figura 21 - Subida para o Edifício: Fachada Sul .....	96
Figura 22 - Vista superior do Palácio Anchieta.....	97
Figura 23 - Evolução histórica da construção do Palácio Anchieta .....	98
Figura 24 - Paredes de pedra e cal .....	98
Figura 25 - Pedra e cal e tijolos maciços.....	98
Figura 26 - Pavimento térreo do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes.....	99
Figura 27 - Primeiro pavimento do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes.....	100

Figura 28 - Segundo pavimento do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes.....	101
Figura 29 - Pavimento de serviço do Palácio Anchieta .....	101
Figura 30 - Cobertura de vidro sobre o ambiente Prisma.....	102
Figura 31 - Vista superior da Escola Maria Ortiz .....	103
Figura 32 - Subsolo da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes.....	104
Figura 33 - Pavimento térreo da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes.....	104
Figura 34 - Primeiro pavimento e Mirante da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes.....	105
Figura 35 - Vista superior da sede do IPHAN-ES.....	106
Figura 36 – Esquema do Edifício Original, Anexo e Pátios .....	107
Figura 37 - Segundo Subsolo da sede do IPHAN-ES .....	108
Figura 38 - Primeiro Subsolo da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes.....	109
Figura 39 - Pavimento Térreo da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes.....	109
Figura 40 - Primeiro Pavimento da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes.....	110
Figura 41 - Vista superior do Museu Solar Monjardim .....	111
Figura 42 - Pavimento Térreo do Museu Solar Monjardim com a identificação dos principais ambientes.....	111
Figura 43 - Primeiro pavimento do Museu Solar Monjardim com a identificação dos ambientes .....	112
Figura 44 – Camarinha (segundo pavimento) do Museu Solar Monjardim com a identificação dos ambientes .....	112
Figura 45 - Modelo de parede de pedra e cal adotado.....	113
Figura 46 - Modelo de pau a pique/tabique adotado .....	114
Figura 47 - Modelo de tijolo cerâmico maciço adotado .....	115
Figura 48 - Modelagem do Palácio Anchieta.....	125
Figura 49 - Modelagem da Escola Maria Ortiz .....	125
Figura 50 - Modelagem da sede do IPHAN-ES.....	126
Figura 51 - Modelagem do Museu Solar Monjardim.....	126

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Temperatura média mensal e zona de conforto para Vitória com base no arquivo climático INMET 2016.....	70
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo da rotulagem em alguns países .....	30
Quadro 2 - Síntese das principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C .....	38
Quadro 3 - Modelo de ficha para levantamento de dados das edificações .....	62
Quadro 4 - Parâmetros mais influentes no fluxo de calor e dados de entrada .....	74
Quadro 5 - Sistemas construtivos dos edifícios selecionados.....	112
Quadro 6 - Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Palácio Anchieta... ..	115
Quadro 7 - Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Escola Maria Ortiz.....	117
Quadro 8 - Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Sede do IPHAN-ES.....	118
Quadro 9 - Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Museu Solar Monjardim.....	119
Quadro 10 - Comparação entre etiquetas do INI-C e dos parâmetros propostos.....	141

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades térmicas dos materiais presentes nas paredes e coberturas .....	64
Tabela 2 - Parâmetros para cálculo do $IC_{máxD}$ e do $IC_{mín}$ .....	66
Tabela 3 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência .....	67
Tabela 4 - Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas .....	68
Tabela 5 - Pré-requisitos para os níveis de eficiência – RTQ-C.....	68
Tabela 6 - Dados de entrada de ocupação, características e ganhos térmicos .....	71
Tabela 7 - Critérios de calibração de acordo com a ASHRAE, IPMVP e FEMP.....	74
Tabela 8 - Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado.....	75
Tabela 9 - Valores de referência para edificações que possuem tipologia não descrita anteriormente.....	76
Tabela 10 - Valores de referência para edificações educacionais .....	77
Tabela 11 - Edificações não descritas anteriormente: coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ) com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente.....	78
Tabela 12 - Edificações educacionais: coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ) com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente .....	79
Tabela 13 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.....	80
Tabela 14 - Itens levados em consideração na proposta de parâmetros para a análise energética de edificações históricas .....	81
Tabela 15 - Resumo dos parâmetros relacionados à envoltória nos modelos de referência .....	82
Tabela 16 - Resumo dos parâmetros relacionados aos sistemas de iluminação e ganhos, condicionamento de ar e aquecimento de água nos modelos de referência .....	83
Tabela 17 - Etiquetação do Palácio Anchieta.....	120
Tabela 18 - Etiquetação da Escola Maria Ortiz .....	121
Tabela 19 - Etiquetação da sede do IPHAN.....	121
Tabela 20 - Etiquetação do Museu Solar Monjardim .....	121
Tabela 21 – Dados de entrada de ocupação, características e ganhos térmicos .....	123

Tabela 22 - Valores dos calculados comparados aos de referência - Palácio Anchieta .....	126
Tabela 23 - Valores dos calculados comparados aos de referência - Escola Maria Ortiz.....	127
Tabela 24 - Valores dos calculados comparados aos de referência - Sede do IPHAN-ES .....	127
Tabela 25 - Valores dos calculados comparados aos de referência - Museu Solar Monjardim.....	127
Tabela 26 - Etiquetagem do Palácio Anchieta.....	128
Tabela 27 - Etiquetagem da Escola Maria Ortiz .....	128
Tabela 28 - Etiquetagem da sede do IPHAN-ES.....	129
Tabela 29 - Etiquetagem do Museu Solar Monjardim .....	129
Tabela 30 - Quantitativo e valores das propriedades térmicas dos métodos construtivos encontrados nas paredes da envoltória de cada edifício .....	134
Tabela 31 - Identificação e valores das propriedades térmicas dos métodos construtivos encontrados nas coberturas de cada edifício .....	136
Tabela 32 - Valores de referência para edificações históricas .....	137
Tabela 33 - Etiquetagem do Palácio Anchieta.....	140
Tabela 34 - Etiquetagem da Escola Maria Ortiz .....	140
Tabela 35 - Etiquetagem da sede do IPHAN-ES.....	141
Tabela 36 - Etiquetagem do Museu Solar Monjardim .....	141

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	<i>American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
EE	Eficiência Energética
EJ	Exajoule
EPDB	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EPW	<i>EnergyPlus Weather</i>
ES	Espírito Santo
HVAC	<i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
INMET	Instituto de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional
MEPS	Padrões Mínimos de Desempenho Energético
NABERS	Esquema de Classificações Ambientais Nacionais Australianas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
ZB	Zona bioclimática

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>19</b>
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	19
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	21
<b>2.1.1 Cenário mundial de consumo energético .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2 Cenário brasileiro de consumo energético.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3 Alternativas para melhoria da eficiência energética em edificações.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.4 Regulamentos para etiquetagem de eficiência energética.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.5 Evolução das políticas de eficiência energética no Brasil .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1.6 RTQ-C e INI-C: principais alterações .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1.7 Proposta de parâmetros de etiquetagem da INI-C.....</b>	<b>39</b>
<b>2.1.8 Simulação de desempenho energético em edificações.....</b>	<b>42</b>
<b>2.1.9 Relação da envoltória e as propriedades dos materiais com a eficiência energética.....</b>	<b>44</b>
2.2 EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	46
<b>2.2.1 A importância do patrimônio cultural edificado .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.2 A preservação das edificações históricas em Vitória .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.3 Estratégias para a melhoria da eficiência energética de edificações históricas.....</b>	<b>51</b>
<b>2.2.4 Pesquisas sobre eficiência energética em edificações históricas.....</b>	<b>53</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>57</b>
3.1 ETAPAS DA PESQUISA .....	57
3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ESCOLHA .....	60
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS .....	60
<b>3.3.1 Propriedades térmicas dos métodos e materiais construtivos.....</b>	<b>63</b>
3.4 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO PRESCRITIVO – RTQ-C.....	65



3.5 CRIAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS MODELOS VIRTUAIS DOS EDIFÍCIOS.....	70
3.6 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS .....	72
3.7 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO – INI-C .....	74
3.8 PARÂMETROS PARA ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS ....	81
<b>3.8.1 Parâmetros para os modelos de referência da INI-C.....</b>	<b>82</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>88</b>
4.1 SELEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES .....	88
<b>4.1.1 Caracterização das edificações selecionadas .....</b>	<b>88</b>
4.1.1.1 Palácio Anchieta.....	89
4.1.1.2 EEEFM Maria Ortiz.....	91
4.1.1.3 Sede da Superintendência Regional do IPHAN-ES .....	92
4.1.1.4 Museu Solar Monjardim.....	95
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS .....	96
<b>4.2.1 Caracterização e técnicas construtivas dos edifícios.....</b>	<b>97</b>
4.3 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-C.....	115
4.4 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS .....	123
4.5 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO – INI-C .....	128
4.6 PROPOSTA DE PARÂMETROS PARA ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS.....	130
<b>4.6.1 Teste dos parâmetros de etiquetagem propostos.....</b>	<b>139</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>146</b>
5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	147
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	147
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>148</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>160</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>175</b>
<b>APÊNDICE III.....</b>	<b>189</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da crise do petróleo na década de 1970, iniciou-se a nível mundial a discussão sobre a finitude dos recursos naturais e a importância de sua preservação. Além disso, fatores como o crescimento econômico dos países desenvolvidos, diretamente ligado ao consumo de energia, e o crescimento exponencial da população mundial levaram a adoção de estratégias para a diminuição do consumo dos recursos, como a promoção da eficiência energética das edificações.

Sabe-se que a construção civil representa o setor de maior consumo de energia no planeta, além de ser responsável por 33% das emissões de carbono na atmosfera (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2017). No Brasil, os setores residencial, comercial e público são responsáveis por cerca de 50% do consumo total da energia elétrica produzida no país (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

O cenário global de crises energéticas acarretou em esforços por parte de órgãos governamentais e de pesquisadores para a redução do consumo de energia nas edificações, por meio da criação de diretrizes em novos edifícios e adaptações tecnológicas nas edificações existentes (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2017). No que se refere ao Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) iniciou em 1984, discussões para a criação de programas de avaliação, objetivando a redução do consumo de energia. Nesse contexto, destaca-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), sendo posteriormente desenvolvido o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que contém os requisitos necessários para a classificação do nível de eficiência energética destas tipologias de edificações (PBE EDIFICA, 2017).

### 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

De acordo com Frota e Schiffer (2009), as tentativas para minimizar as consequências da crise energética nacional devem considerar a qualidade dos

espaços construídos e a qualidade de vida, utilizando como premissa a redução no consumo de energia, principalmente no condicionamento dos ambientes.

Em 1990, foi criado o selo do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, que passou a etiquetar energeticamente os eletrodomésticos. Ao longo das décadas de 1990 e 2000 o Governo Federal criou diversos decretos, portarias e leis com o objetivo de acompanhar a produção, orientar e direcionar para a efficientização do consumo da energia elétrica no âmbito da administração pública federal (BRASIL, 2017).

No ano de 2009, com posterior revisão em 2010, foi lançado o RTQ-C. Este regulamento contempla a avaliação em três sistemas: envoltória (peso de 30%), iluminação (peso de 30%) e climatização (peso de 40%), que atribui valores de A a E, da melhor para a pior classificação respectivamente. O processo de etiquetagem pode ser realizado por dois métodos: o prescritivo ou a simulação. O prescritivo é baseado em equações e tabelas fornecidas pelo regulamento e o método de simulação, por meio de *softwares* específicos. O regulamento pode ser aplicado em edifícios condicionados, condicionados parcialmente ou não condicionados artificialmente (LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2016).

No ano de 2014, esta etiquetagem foi estendida para os edifícios públicos federais, pela Secretaria de Logística e Tecnologia, por meio da Instrução Normativa IN02/2014, que obriga a etiquetagem das novas edificações institucionais de acordo com o RTQ-C. Esta certificação é obrigatória para estes tipos de edifícios, sejam novos ou existentes, acima de 500 m<sup>2</sup>, que forem requalificados ou tiverem alterações pelo processo de *retrofit*, devendo atingir o nível A de eficiência energética (BARATTO, 2014).

Apesar desta obrigatoriedade, constatou-se apenas edificações com tipologias contemporâneas dentre as certificadas, não havendo ainda edificações históricas, de acordo com a tabela de edificações comerciais, de serviço e públicas certificadas até dezembro de 2019 (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2019), mesmo sabendo que

muitos edifícios históricos estão sendo utilizados para fins institucionais no Brasil.

Além disso, desde o lançamento do RTQ-C, foram constatadas lacunas no processo de etiquetagem proposto, como a presença de pré-requisitos limitadores, e devido à isso, com o objetivo de se equiparar a regulamentações internacionais consideradas mais eficientes, foi desenvolvida uma nova proposta para o método de avaliação para etiquetagem, que considera o dispêndio energético com base no consumo de energia primária, ou seja, de acordo com a fonte de energia (elétrica ou térmica) e seus respectivos fatores de conversão e de emissão de dióxido de carbono.

Esta proposta está contida na Instrução Normativa Inmetro, para a classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), cujo texto, assim como o do RTQ-C, não possui referência a etiquetagem de edificações históricas (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018). Esta proposta foi colocada em consulta pública no segundo semestre de 2018 e seu texto encontra-se em revisão (DE VECCHI, 2019). Salienta-se que por possuir poucas pesquisas relacionadas, a criação da INI-C configura-se como uma das justificativas da pesquisa, pois evidencia que a etiquetagem brasileira passa por um processo de aprimoramento.

A possibilidade de requalificação de edificações existentes antes de considerar a sua demolição ou seu desuso, é uma ação desejável para que seja atingido o objetivo de redução do consumo de energia, partindo-se do pressuposto que os prédios antigos compõem grande parte do cenário edificado, principalmente de grandes centros urbanos brasileiros, e nestas áreas a degradação destas edificações é crescente. Além da questão energética, a preservação das edificações antigas pode agregar valor cultural e promover a tradição de cada localidade.

Considerando a dada importância do desempenho energético no setor de edificações, destaca-se os edifícios históricos, por meio de políticas públicas visto que, muitas vezes, esses edifícios não são passíveis de substituição ou demolição. Adicionalmente, deve-se considerar a necessidade de inserção na

pauta da preservação arquitetônica nas políticas ambientais e de energia de forma a complementar as ações para a redução do consumo de energia.

Sabe-se que o consumo de energia elétrica no setor público no Brasil, que inclui os edifícios administrados pelo poder público equivale a 8% da produção de energia nacional (PBE EDIFICA, 2018), e que o potencial de redução de energia em edifícios históricos é de cerca de 30%, adotando-se medidas de recuperação (ELETROBRAS, 2018). Diante do exposto, este trabalho justifica-se por contribuir para a avaliação energética de edificações de valor histórico e cultural, propondo parâmetros para a certificação das mesmas, visto que a INI-C não diferencia as edificações históricas das demais em sua avaliação. Além disso, a obrigatoriedade da certificação das edificações é apenas a nível federal, devendo ser estendido às demais esferas, diminuindo o consumo de energia.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Propor parâmetros para o aprimoramento da INI-C, voltados para a avaliação da eficiência energética de edificações de valor histórico e cultural.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Definir critérios para a seleção de edificações de valor histórico e cultural em Vitória – ES, a serem analisadas;
- Realizar o levantamento de dados técnicos das edificações;
- Avaliar a eficiência energética da envoltória das edificações; e
- Propor e avaliar parâmetros para etiquetagem da eficiência energética de edificações históricas.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. Após a introdução, os capítulos foram divididos em: referencial teórico, metodologia, resultados e discussões e conclusão.

O primeiro capítulo diz respeito à revisão bibliográfica sobre os conceitos de eficiência energética inserido nos cenários mundial e brasileiro de consumo de

energia elétrica, além da importância do patrimônio cultural edificado e sua relação com a avaliação de eficiência energética.

O segundo capítulo descreve a metodologia utilizada para o levantamento de dados, bem como o processo de modelagem, calibração e simulação, aplicação dos métodos de etiquetagem, proposta e teste dos parâmetros para edifícios históricos.

No terceiro capítulo serão apresentados os resultados obtidos e sua discussão. E no quarto capítulo as conclusões sobre a pesquisa, suas limitações e propostas para trabalhos futuros. Por fim, há as referências bibliográficas que embasaram a pesquisa e os apêndices produzidos ao longo do estudo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico aborda a relação entre a eficiência energética e o estoque edificado de valor histórico e cultural. Para isso, foram apontados dois temas principais: o primeiro que norteia o panorama energético mundial e brasileiro, com ênfase à necessidade da elaboração de alternativas para a melhoria da eficiência energética das edificações por parte dos governos e da sociedade. O segundo diz respeito a realidade das edificações históricas; à importância de sua preservação e requalificação; e as melhorias para a obtenção da eficiência energética como papel fundamental.

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

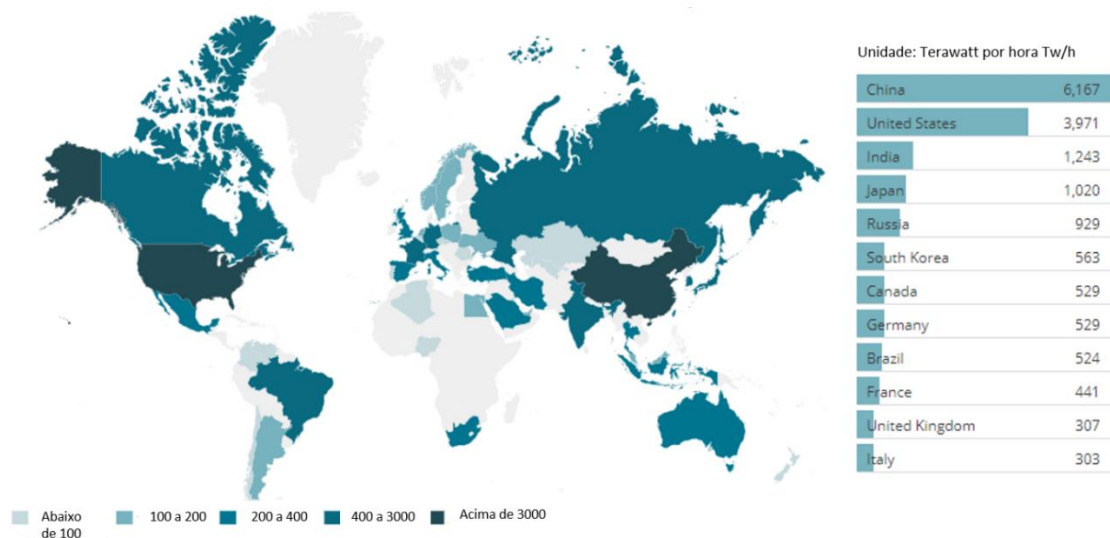
O alcance da eficiência energética tem sido pauta de muitas discussões ao redor do planeta, visto que a energia é essencial para o progresso econômico e para a qualidade de vida da humanidade. Juntamente com questões de mobilidade social e de desenvolvimento humano, o consumo de energia tem crescido a cada ano.

#### 2.1.1 Cenário mundial de consumo energético

Com o aumento contínuo da população global, e da busca pela qualidade de vida, a demanda de energia pelos edifícios continua a aumentar, colocando pressões crescentes sobre os sistemas de geração de energia. Sabe-se que as edificações são responsáveis por mais de 30% do consumo de energia da sociedade mundial e mais de 55% da demanda de eletricidade (INTERNACIONAL ENERGY AGENCY, 2017). Sob essa circunstância, promover a eficiência energética tornou-se uma tarefa importante para a maioria dos países.

Estatísticas indicam que a China é o maior consumidor de energia elétrica, ultrapassando os Estados Unidos em 2014 e mantendo-se no topo da lista até 2019. Estes dois países são responsáveis por 40% de todo o consumo de energia mundial, e são seguidos da Índia, Japão, Rússia, Coreia do Sul, Canadá, Alemanha e Brasil, nono lugar no *ranking*, apresentado na Figura 1 (ENERDATA, 2019).

Figura 1 – Consumo de energia elétrica pelos países



Fonte: adaptado de Enerdata (2019).

O consumo de energia no setor de edificações tem aumentado de escala, e segundo Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008) essa taxa de crescimento excedeu o da indústria e do setor de transportes entre 1984 e 2004 na Europa. De acordo com a *International Energy Agency* (2018), este aumento tem continuado ao longo dos anos. Esse fato pode ser explicado pela crescente demanda para a melhoria dos níveis de conforto nas edificações, juntamente com o maior tempo gasto pelos usuários no interior dos edifícios, sendo que a tais fatores, soma-se ainda o aumento da população urbana e da renda *per capita* (LOPES et al., 2016).

Entre os anos 2000 e 2017, a nível mundial, houve um aumento de 21% no consumo de energia, sendo que em 2017, as edificações e os eletrodomésticos foram responsáveis por cerca de 30% do uso final de energia global. Este crescimento foi impulsionado principalmente por mudanças nos hábitos da população, alterações no clima e uso de eletrodomésticos. Ainda assim, calcula-se que houve uma economia de 14 exajoules (EJ) também entre 2000 e 2017, devido à expansão das políticas de eficiência energética, avanços tecnológicos e investimentos.

Certificações, normas e processos de rotulagem têm sido fundamentais para esta redução, pois globalmente 34% do consumo de energia dos edifícios foi coberto pelas políticas obrigatórias de eficiência energética em 2017, sendo 32% dessa cobertura em prédios residenciais e 43% em prédios não residenciais. No



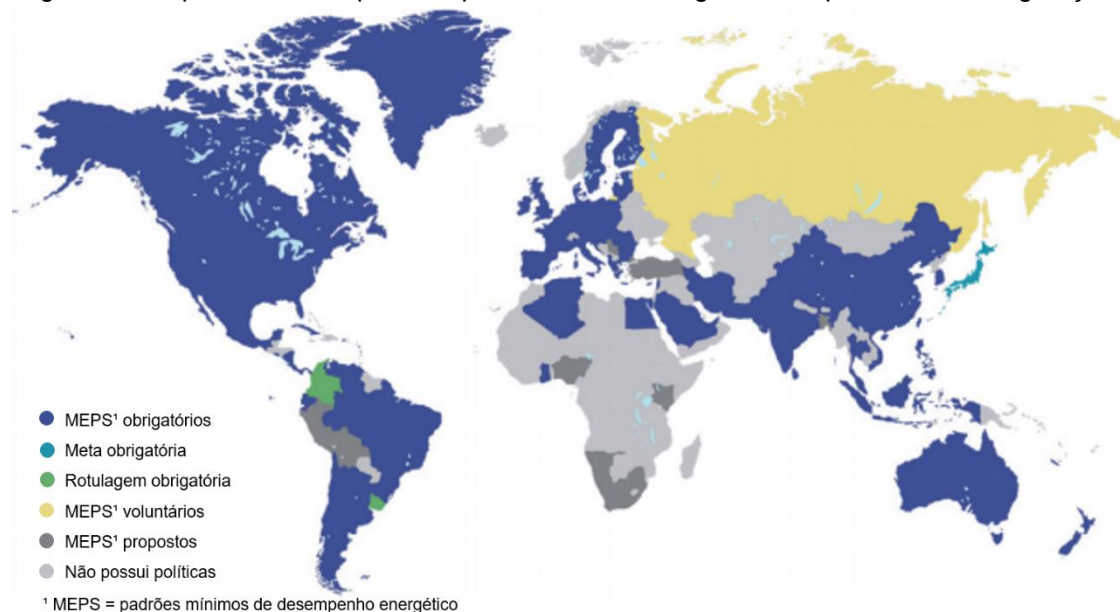
nível de uso final, a iluminação e a refrigeração lideram estes índices com cerca de 80% de cobertura por programas de eficiência (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018).

O crescimento global do uso de energia em edifícios tem sido em grande parte impulsionado pelas principais economias emergentes – Brasil, China, Índia, Indonésia, México e África do Sul – em média, com um aumento de 43% no uso de energia em edifícios (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018). Na América Latina, de acordo com o balanço de 2012, o Brasil juntamente com o México representou o maior consumo total de energia com 57%. Assim, apenas Brasil, México e Argentina representavam aproximadamente dois terços do consumo de energia de toda a região (COMISSIÓN ECONÓMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 2016). Atualmente, o Brasil continua como o maior consumidor da América Latina e o terceiro maior das Américas, atrás apenas dos EUA e do Canadá (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLO, 2019).

De acordo com a *International Energy Agency* (2018), estima-se que em 2040, a nível mundial, os edifícios poderão ser quase 40% mais eficientes energeticamente do que hoje, sendo que o aquecimento de ambientes será responsável por mais de 10% desse potencial de economia. O aquecimento de água poderá melhorar 43% em seu desempenho energético e os sistemas de resfriamento, que são um dos principais impulsionadores da demanda por energia atualmente, necessitam de melhorias para a obter ganhos de eficiência até 2040, pois apesar de existirem estratégias mais eficientes e o uso de tecnologias de refrigeração passivas, estes recursos precisam ganhar uma escala global, visto que são restritos a apenas alguns países.

A cobertura da política de eficiência energética em equipamentos de resfriamento está se expandindo, mas precisa ganhar força no cenário político. Muitos países, que têm altas demandas oriundas do uso de condicionadores de ar, possuem políticas de eficiência energética para equipamentos de refrigeração, porém alguns países localizados em regiões de clima quente não possuem política específica para a obtenção da eficiência energética, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Mapa mundial de políticas para eficiência energética de aparelhos de refrigeração



Fonte: traduzido de *International Energy Agency* (2018).

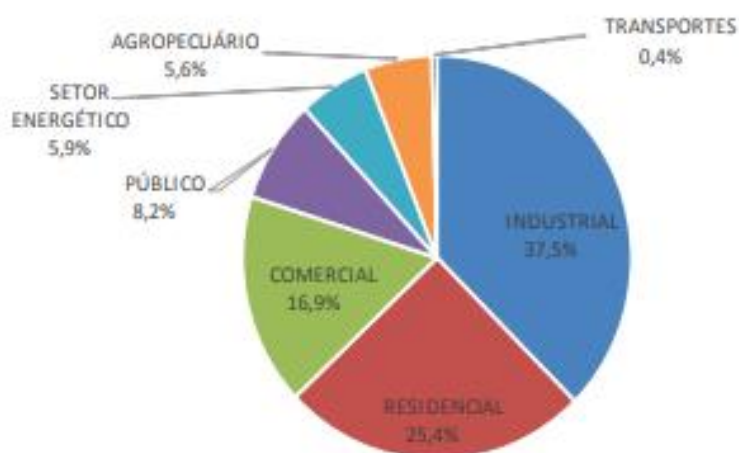
Os MEPS – *Minimum Energy Performance Standards*, no original em inglês ou Padrões Mínimos de Desempenho Energético – dizem respeito às normas relacionadas à eficiência energética, que devem ser obrigatoriamente ou voluntariamente seguidas. A meta é um objetivo que o país se propõe a alcançar, criando ações para isso, mas não necessariamente conseguem atingir. A rotulagem é um processo pelo qual os objetos, sejam eles eletrodomésticos ou edifícios, são etiquetados de acordo com nível de Eficiência Energética (EE). É importante ressaltar que a Figura 2 apresenta uma política por país com base na mais importante, por exemplo a União Europeia possui MEPS e rotulagem obrigatórios, mas somente o MEP obrigatório foi mostrado (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2018).

Pode-se perceber que a América e a Europa são os continentes mais avançados em relação às ações de eficiência energética voltadas ao resfriamento, e que países como os do continente africano, que estão localizados na faixa tropical do planeta e, no entanto, possuem outras questões relacionadas às políticas públicas como prioridade, como as socioeconômicas, não possuem estratégias. O Brasil, apesar de ser considerado um país em desenvolvimento, possui um consumo energético considerável e já detém algumas estratégias e metas relacionadas à eficiência energética.

### 2.1.2 Cenário brasileiro de consumo energético

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo desde a década de 1980. Em 2014 o consumo de energia *per capita* atingiu o maior valor da história até então com 53,9 gigajoules por habitante (Gj/hab) de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2019), a geração de energia elétrica teve um aumento de 1,7% no Brasil do ano de 2017 para 2018 e o consumo aumentou 1,4%. Em 2018 o setor público manteve-se como em 2017, representando 8,2% do consumo total de energia no país, conforme apresentado na Figura 3 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

Figura 3 – Consumo de energia elétrica por setor no Brasil



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019).

Os números oficiais mostram que os setores residencial, comercial e público foram responsáveis por mais de 50% do consumo total de energia elétrica no Brasil em 2018, sendo que cerca de 45% desse valor está relacionado ao consumo de energia elétrica em edificações (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019). Grande parte da eletricidade desperdiçada devido à ineficiência energética em edifícios comerciais e públicos está relacionada à envolvente do edifício, sistemas de ar condicionado, sistemas de iluminação e abastecimento de água quente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Durante a década de 2007–2017, o consumo de energia nos setores comercial e público aumentou em aproximadamente 26%, enquanto no setor de serviços aumentou cerca de 32% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

O maior estímulo à preocupação com o consumo de energia no Brasil, deu-se devido à crise energética ocorrida em 2001. Este ano ficou marcado por uma estiagem no Sudeste que desencadeou uma grave queda nos níveis dos reservatórios das hidrelétricas, o que juntamente com a falta de investimentos no setor, dificultou a geração de energia elétrica e gerou a chamada “Crise do Apagão”, que levou o país a adotar um racionamento de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A crise desencadeou a implantação de leis, diretrizes e projetos para a redução do consumo de energia, por meio da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.

De acordo com um estudo realizado em 2013, a intensidade energética do Brasil diminuiu 2% no período entre 2001-2010, o que mostra que os programas implementados deram resultados. Por exemplo, a maior economia gerada está vinculada à rotulagem de equipamentos pelo programa PROCEL, onde o uso de lâmpadas e refrigeradores eficientes tiveram o maior impacto, seguido por condicionadores de ar, aquecedores solares e motores elétricos (CORPORACION ANDINA DE FOMENTO, 2013).

Em outubro de 2011, o Ministério de Minas e Energia criou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que definiu as atividades a serem implementadas para alcançar os objetivos de economia de energia com o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE). Dentro deste plano, o objetivo é economizar 106.600 GWh de energia (redução de 10%) no período de 20 anos. O conjunto de atividades concentra-se em áreas como indústrias, edifícios, iluminação pública, aquecimento solar, entre outros (INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK, 2017).

O PNEf estabelece como objetivo a rotulagem compulsória de edifícios novos ou que recebam algum tipo de *retrofit*. O calendário da obrigatoriedade estabelece os seguintes prazos: edifícios públicos federais até 2020, edifícios comerciais e de serviços até 2025, edifícios residenciais até 2030 (BRASIL, 2011). O PNE 2030 é o primeiro documento oficial do planejamento energético integral promulgado pelo governo, segundo o qual se impõem objetivos para melhorar a eficiência energética em longo prazo. As linhas de ação sugeridas no PNE para o setor de edificações se concentram na criação de um programa de formação de especialistas em isolamento térmico de edifícios, o desenvolvimento de

cursos de metodologia para a construção e a promoção da legislação para a rotulagem obrigatória de edifícios (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007).

### **2.1.3 Alternativas para melhoria da eficiência energética em edificações**

A Eficiência Energética como conceito, está relacionada com o uso racional de energia, ou seja, a realização de uma atividade com o menor consumo de energia possível sem que haja prejuízos à sua qualidade. No âmbito das edificações, pode-se dizer que há eficiência quando é proporcionado um desempenho ambiental satisfatório com o mínimo de utilização de eletricidade (ELETROBRAS, 2010). O consumo de energia de um edifício pode ser mensurado por meio dos sistemas e equipamentos que dependem diretamente do seu uso, como os sistemas de climatização e iluminação artificial, elevadores, bombas e eletrodomésticos. Todavia, há outras variáveis que exercem influência, como os usuários e seus níveis de conforto e a envoltória da edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

No caso de edificações em fase de projeto, medidas como a incorporação de estratégias bioclimáticas, com a adequação da arquitetura ao clima local, podem ser tomadas para a redução no consumo de energia. Já em edificações existentes podem ser adotadas estratégias de *retrofit*, que incluem desde grandes alterações físicas até mudanças em rotinas operacionais, como a instalação de sistemas de controle de iluminação (CHIDIAC et al., 2011). Estima-se que a economia de energia possa atingir 30% nos edifícios existentes e 50% nos novos edifícios por meio da aplicação de tecnologias eficientes (SILVERO et al., 2019).

De acordo com Pérez-Lombard, Ortiz e Pout (2008) os maiores contribuintes para o consumo de energia nas edificações são os sistemas *Heating, Ventilating and Air Conditioning* - HVAC, ou seja, de aquecimento, refrigeração e ventilação. Embora os equipamentos tenham sofrido melhorias consideráveis, acredita-se que continuam sendo os maiores responsáveis pelo consumo de energia. Com isso, dois mecanismos foram criados visando a redução no consumo de energia no setor de edificações, que são os regulamentos e as certificações. O primeiro estabelece um desempenho energético mínimo para a edificação, enquanto o

segundo objetiva melhores desempenhos energéticos (SANTOS; FAGÁ; SANTOS, 2013).

Neste contexto, a conservação de energia no setor de edificações é relevante, considerando inclusive as perspectivas em relação às mudanças climáticas, sendo esse tema uma questão prioritária na agenda mundial. Ações como a inclusão de normas e regulamentos que se apliquem à indústria da construção contribuem para um desenvolvimento mais sustentável, visto que o estabelecimento dessas regulamentações técnicas e das políticas públicas, que almejem práticas adequadas na busca do melhor desempenho energético na construção civil, são estratégias para enfrentar a disponibilidade de recursos naturais no futuro (LOPES et al, 2016).

No Brasil e no mundo várias regulamentações estão sendo desenvolvidas, testadas e aplicadas para contribuir com a EE nos edifícios, seja de uso residencial, comercial ou público, por meio da implantação de medidas de conservação de energia em condições naturais e artificiais, de acordo com zonas climáticas e o uso de recursos locais. No entanto, estes métodos devem ser executados de maneira cautelosa, a fim de serem efetivamente eficazes (SANTOS; FAGÁ; SANTOS; 2013).

#### **2.1.4 Regulamentos para etiquetagem de eficiência energética**

A crise do petróleo na década de 1970 forçou a economia dos países desenvolvidos a adotar medidas de EE, que nos últimos anos foram intensificadas, devido ao fenômeno das mudanças climáticas. Neste contexto, diferentes protocolos foram criados, como o Protocolo de Quioto, Montreal, Paris, entre outros. Estes protocolos exigem que os países membros atendam a determinados objetivos, e a EE representa uma estratégia chave.

No entanto, na América Latina, a implantação de políticas de EE tem sido menos intensa, sendo que esse conceito começou a se consolidar apenas nos anos 1990 em alguns países, motivado principalmente por questões de fornecimento de energia (COHENCA, 2010). Também na década de 1990, a fim de reduzir as emissões e o consumo de energia, a maioria dos países desenvolvidos introduziram gradualmente os sistemas de certificações, sendo que nesses

países, anteriormente a esta década a rotulagem energética já vinha sendo implementada em eletrodomésticos (HARRINGTON; DAMNICS, 2004).

O programa *Energy Star* é um exemplo de sistema de classificação de energia usado nos Estados Unidos em edifícios e também em aparelhos domésticos. Da mesma forma, o Esquema de Classificações Ambientais Nacionais Australianas (NABEERS), são sistemas de classificação de energia usados em outras partes do mundo (RAJAGOPALAN; TONY, 2012). O NABEERS, por exemplo, foi introduzido em 1999 com adesão voluntária e atingiu uma participação de cerca de 60% dos edifícios de escritórios australianos. Em 2010, tornou-se obrigatório para edifícios comerciais de mais de 2000 m<sup>2</sup>. O sucesso do NABEERS na Austrália foi impulsionado pelo uso de classificações diferentes para escritórios vendidos e arrendados (BANNISTER, 2013).

A União Europeia, que possui uma maior evolução em relação às políticas de EE, efetuou atualizações sobre o tema durante anos, e em 2010 criou a Diretiva EPDB (*Energy Performance of Buildings Directive*), relacionada ao desempenho energético de edificações, também conhecida como Diretiva 20-20. Este documento estabeleceu metas como a redução de pelo menos 20% dos gases de efeito estufa até 2020, em relação a 1990, e a promoção de 20% da matriz energética provenientes de fontes renováveis. Estabeleceu, ainda, que em 2018 todos os edifícios públicos novos obtivessem demandas quase nulas de energia, e até 2020 o mesmo seja exigido de todos os edifícios novos, públicos ou não. As metas para além desse ano ainda estão em fase de debates (SÁ; OLIVEIRA, 2019).

A rotulagem de eficiência energética tem sido considerada uma ferramenta eficaz para alcançar edificações mais eficientes, e é usada por vários países. Esses certificados surgiram pela primeira vez na Europa no início dos anos 1990, sendo uma ferramenta informativa que permite proprietários e ocupantes de edifícios, obterem eficiência energética da edificação, fornecendo recomendações úteis quanto ao custo-benefício e medidas para melhorar o desempenho energético. A rotulagem foi implementada com sucesso nos países desenvolvidos, provando que é uma ferramenta poderosa para ajudar os governos a promover edifícios eficientes. E também tem sido adotada por países

em desenvolvimento como Índia, Brasil e África do Sul (YU et al., 2019). O Quadro 1 apresenta um resumo da rotulagem em diferentes países.

Quadro 1 – Resumo da rotulagem em alguns países

Pais	Etiquetagem	Responsável	Objeto	Fases	Conteúdo da Avaliação	Status
Estados Unidos	Energy Star (1998)	EPA (EUA)	Comercial, Industrial e Residencial	Operação	Sistemas de energia e água fria, IEQ	Voluntário
	Índice HERS (2002)	DOE (EUA)	Residencial	Operação	Envolória e sistemas mecânicos	Voluntário
	Building EQ (2011)	ASHRAE	Comercial	Projeto e Operação	Sistemas de energia e água fria, IEQ	Voluntário
Canadá	EnerGuide (1998)	Ministério dos Recursos Naturais do Canadá	Residencial	Projeto e Operação	Envolória e sistemas mecânicos, água fria e esgoto	Voluntário
Reino Unido	DEC (2015)	DCLG	Público	Operação	Aquecimento, ventilação e iluminação	Obrigatório
Espanha	Decreto Real 235 (2015)	Ministério da Presidência do Governo	Pequenas habitações e setor terciário	Operação	Envolória, HVAC, iluminação e aquecimento de água	Voluntário
Austrália	NABEERS (1999)	Governo de Nova Gales do Sul	Público e Residencial	Operação	Sistemas de energia e água fria, IEQ	Voluntário
Japão	CASBEE (2001)	JSBC	Público e Residencial	Projeto e Operação	Sistemas de energia e água fria, IEQ	Voluntário
Coreia do Sul	BEER-certification (2001)	Governo da Coreia do Sul	Público e Residencial	Projeto	Aquecimento, aquecimento de água, eletricidade e água fria	Voluntário
	BECC (2016)	Governo da Coreia do Sul	Multifamiliar	Operação	Aquecimento, resfriamento e iluminação	Voluntário
China	JGJ/T 288-2012 (2012)	MoHURD	Público e Residencial	Projeto, Construção e Operação	Envolória, HVAC, iluminação e energias renováveis	Voluntário
Índia	SVAGRIHA (2007)	Ministério de energias renováveis da Índia	Residencial	Construção	Iluminação, aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e energias renováveis	Voluntário
Brasil	RTQ-C (2009)	Governo Federal do Brasil	Comercial, Serviços e Público	Projeto, Construção e Operação	Envolória, iluminação e condicionamento de ar	Voluntário <sup>1</sup>
	RTQ-R (2010)	Governo Federal do Brasil	Residencial	Projeto, Construção e Operação	Envolória, iluminação e condicionamento de ar	Voluntário
África do Sul	Energy Barometer (2010)	Governo Federal da África do Sul	Comercial	Projeto e Operação	Iluminação, aquecimento, resfriamento	Voluntário

<sup>1</sup> Obrigatório para edifícios públicos federais acima de 500m<sup>2</sup>, novos ou que recebam retrofit

Fonte: traduzido e adaptado de Yu *et al.* (2019).

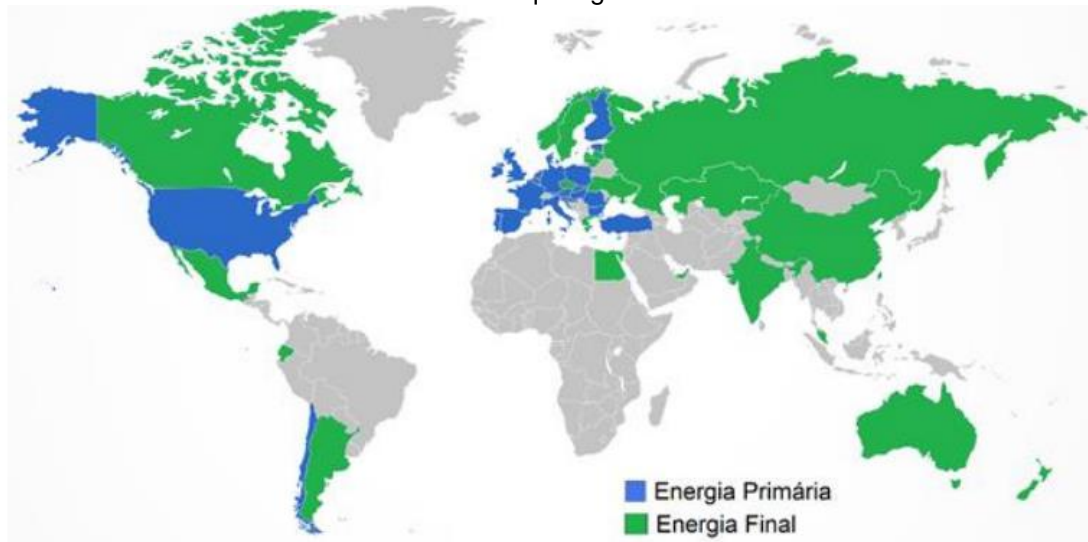
Bavaresco e Ghisi (2016), realizaram uma pesquisa que fez parte do Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), e analisou comparativamente o processo de rotulagem brasileira (RTQ-C e RTQ-R) com os demais países, afim de auxiliar no processo de elaboração da nova etiquetagem (INI-C e INI-R), a partir resultados de países que possuem maior experiência com a avaliação de eficiência energética em edificações

Esta pesquisa teve como objetivos, comparar a regulamentação brasileira às normas internacionais e investigar as normativas estrangeiras para determinar como são tratadas as questões referentes ao consumo de energia primária e quais são as escalas empregadas na classificação do consumo. Os autores salientaram que a maior parte das normas investigadas eram europeias, a julgar pela experiência que aqueles países já possuem em etiquetagem. Ao todo foram analisados 53 regulamentos, e constatou-se que as normativas consideram dois



tipos de consumo em sua avaliação: a energia primária e a energia final, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Divisão dos países que consideram energia primária e energia final nas normas de etiquetagem



Fonte: Bavaresco; Ghisi (2016).

No que se refere às classes de eficiência, um total de 36 países adotam a escala alfabética. Na maioria dos países essa escala vai de A até G, mas existem alguns casos particulares, como na Argentina onde a escala varia até H. Em 17 países há subdivisões dentro de pelo menos um dos níveis. Na Alemanha por exemplo, a classe A, subdivide-se em A+ e A-, e na Bélgica existem subdivisões em níveis de menor eficiência (A+, A, A-, B+, B, B-, C+, C, C-, D+, D, D-, E+, E, E-).

Nos demais países, a escala adotada é variável. Em alguns deles adota-se a escala numérica, como na Letônia, onde a eficiência energética é avaliada de 0 a 400 e relaciona-se a cores. Já na Coreia do Sul, o regulamento numérico possui apenas dez classes (1+++, 1++, 1+, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Há países em que se empregam estrelas na avaliação. No Egito utilizam-se pirâmides e cores. Na Malásia e Singapura são usadas classes qualitativas como platina e ouro. No Equador, não são definidas classes. Em relação ao tipo de energia considerada nas avaliações de desempenho, 31 países consideram a energia primária e 22 o consumo de energia final. E a maioria (35 países) utilizam indicador de consumo energético por unidade de área por ano (em kWh/m<sup>2</sup>ano).

Após a análise dos 53 países, Bavaresco e Ghisi concluíram que a maioria dos países apresentam o consumo energético da edificação na etiqueta, com

algumas exceções como a Argentina e o México. Ao comparar com a etiquetagem brasileira, concluíram que o método brasileiro não apresenta o consumo energético da edificação classificada, dividindo as edificações em classes de eficiência de acordo com um indicador adimensional, enquanto as normas internacionais mais consolidadas, classificam os edifícios analisando seu consumo energético e a maior parte delas estabelece limites de consumo energético anual, por unidade de área do edifício, para cada nível de eficiência.

Outra conclusão foi em relação as classes de consumo, que na maior parte das normativas internacionais, são dadas por escalas que relacionam letras e cores. Além disso, verificou-se que a exposição do nível de consumo na etiqueta torna o entendimento mais acessível ao consumidor. Os autores avaliaram também que as normas internacionais, possuem uma tendência à redução dos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória das edificações, ou seja, o aumento da resistência térmica.

O aumento dos níveis de isolamento, por exemplo, reduz os níveis de transmitância térmica, contudo essa não é uma estratégia aplicável para qualquer condição climática, sugerindo que cada país deve desenvolver seu próprio sistema de etiquetagem e criar melhorias a partir das falhas ou lacunas encontradas ao longo de sua execução.

### **2.1.5 Evolução das políticas de Eficiência Energética no Brasil**

A primeira medida adotada para diminuição no consumo de energia no Brasil ocorreu no ano de 1981 com a criação do Programa Conserve, que teve como objetivos promover a conservação de energia nas indústrias, o desenvolvimento de produtos eficientes, e a substituição de fontes de energia importadas por nacionais. No ano seguinte, houve a criação do Programa de Mobilização Energética que incentivou a adoção de medidas de conservação de energia e a substituição da produção de energia por fontes alternativas (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Em 1985, o Ministério de Minas e Energia e da Indústria e Comércio Exterior lançou a Portaria Interministerial nº 1877, estabelecendo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que foi desenvolvido para a rotulagem de eletrodomésticos, contribuindo para a redução do consumo de

energia, e consolidando-se como o maior programa de governo para a conservação de energia, refletindo melhores resultados e avanços em todos os setores do Brasil (VIANNA; RAMOS; PEREIRA, 2010).

A Lei nº 8631/1993 (BRASIL, 1993) estabeleceu que as usinas brasileiras devem atribuir recursos para expandir e melhorar o abastecimento público de energia. Quatro anos depois, a Lei nº 9478/1997 (BRASIL, 1997) foi aprovada, fundando o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), cujo objetivo era promover a utilização racional de recursos energéticos do país. Em 2000, o Governo Federal estipulou uma meta por meio do Decreto nº 3330 (BRASIL, 2000) para edifícios públicos, a fim de reduzir o consumo de eletricidade para fins de iluminação, refrigeração e conforto ambiental.

Assim, em 2001 foi publicada a lei brasileira de nº 10.295, mais relevante na área de eficiência energética (BRASIL, 2001). Esta Lei enseja o desenvolvimento de mecanismos para maior eficiência energética em edifícios construídos no país, e foi criada em decorrência ao maior racionamento da história do Brasil, ocorrido também em 2001. No mesmo ano foi publicado o Decreto nº 4059/2001 (BRASIL, 2001), regulamentando a Lei nº 10.295 e estabelecendo níveis máximos para o consumo de energia, e níveis mínimos de eficiência energética para aparelhos e máquinas, que utilizam energia produzida ou vendida no país, assim como promulga que os edifícios deveriam ser projetados e executados com base em indicadores técnicos e regulamentos específicos a serem fixados.

Nesse contexto, o Plano de Ação para a Eficiência Energética em Edifícios (PROCEL EDIFICA) foi lançado em 2003. Neste ano também foi desenvolvida a primeira norma brasileira relacionada ao desempenho térmico dos edifícios pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cujo escopo incluía as moradias sociais. Esta norma (NBR 15220) foi atualizada em 2005 para comprovar a qualidade da habitação, concentrando-se no conforto térmico, e propondo um conjunto de recomendações e estratégias de *design* a serem aplicadas na construção de residências unifamiliares de até três níveis de interesse (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Posteriormente, uma segunda norma (NBR 15575) foi implementada em 2008, com foco no desempenho de edifícios em geral, e em edifícios residenciais de

até 5 pavimentos. Esta norma foi revista algumas vezes, resultando em versões de 2009, 2010 e 2012, e em 2013 foi substituída pela norma intitulada Edificações habitacionais - Desempenho (NBR 15575: 2013-1 a 6) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

A norma NBR 15575:2013 estabelece um nível mínimo de desempenho, a ser realizado por todos os novos edifícios residenciais, com número indeterminado de pavimentos. Esta norma cobre todos os componentes de um edifício e procura atingir um nível mínimo de desempenho para cada sistema de construção: estrutural, pisos, fechamentos verticais, telhados e sistemas hidrossanitários, estabelecendo requisitos mínimos de habitabilidade, segurança e sustentabilidade para cada sistema. A primeira parte da norma inclui uma seção sobre procedimentos para a avaliação do desempenho térmico do edifício, por meio de três métodos diferentes: simplificado, por simulação e por medições do edifício (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Em 2009, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) foi publicado, bem como seus documentos e requisitos complementares, tais como Requisitos para Avaliação de Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços (RAC-C). Em 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) foi publicado, bem como seus documentos complementares, os requisitos para a avaliação da conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RAC-R) (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013). Eles são parte da inclusão de prédios na indústria brasileira do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Atualmente, os regulamentos estabelecidos pelo PBE Edifica classificam a EE por meio de um indicador de consumo em níveis de A a E, porém não demonstram o consumo real do edifício, o que não permite, por exemplo, a quantificação das medidas de eficiência empregadas, por exemplo (BAVARESCO; GHISI, 2016). Além disso, o método prescritivo de etiquetagem atual não considera algumas características fundamentais para a análise do

desempenho energético das edificações, como a orientação solar e a ventilação natural (CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2017).

Devido a essas limitações, foi desenvolvida uma nova proposta para o método de avaliação para etiquetagem, que considera o consumo energético com base no consumo de energia primária, ou seja, de acordo com a fonte de energia (elétrica ou térmica) e seus respectivos fatores de conversão e de emissão de dióxido de carbono. Esta proposta está contida na Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) e na Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) (CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2017).

A Instrução Normativa Inmetro (INI) é um documento que define os requisitos técnicos de um objeto no campo voluntário para atendimento pelos fornecedores, pelos Organismos de Avaliação da Conformidade e pelas demais partes impactadas. Pode ter denominação distinta nos casos em que o Inmetro atue por delegação de outra autoridade regulamentadora (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018). A INI-C é estudada neste trabalho e foi colocada em Consulta Pública no segundo semestre de 2018, sendo que seu texto se encontra atualmente em revisão, prevendo-se que em breve entre em vigor, substituindo o RTQ-C.

### **2.1.6 RTQ-C e INI-C: principais alterações**

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), é aplicado para a avaliação dos estágios de projeto, construção e operação por meio de um método, que segundo o Regulamento, pode ser o prescritivo ou o de simulação. O método prescritivo diz respeito a um conjunto de equações para determinar a eficiência do edifício, em que a classificação da edificação é obtida pela aplicação de uma equação geral que atribui pesos de 30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar, resultando em uma pontuação total (PT), que é correlacionada a uma escala

de rotulagem (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013).

Já o método de simulação, faz comparações entre dois modelos de edifícios: um real e um de referência, que deve satisfazer as condições para o nível desejado de eficiência. Este método, no entanto, não exclui o prescritivo, pois mesmo com as simulações alguns cálculos são necessários para a avaliação (CARLO; LAMBERTS, 2010).

O RTQ-C estabelece requisitos mínimos para a classificação de eficiência por meio da avaliação da envoltória, dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Assim é emitida a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que pode ser parcial ou geral. As etiquetas parciais referem-se ao envelope, ao sistema iluminação e ao sistema de climatização. O rótulo também mostra a pontuação de bônus final obtida usando outros sistemas. As informações incluídas na etiqueta variam de acordo com o tipo de construção. Em geral, o certificado energético indica o nível de eficiência energética do edifício de acordo com uma escala de “A” - nível mais alto - até “E” - nível mais baixo (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013).

A rotulagem ainda é facultativa para a maioria dos tipos de edifícios, mas no ano de 2014, foi estabelecida pela Instrução Normativa nº 02, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG) a obrigatoriedade para novos edifícios públicos federais com áreas superiores a 500 m<sup>2</sup>, ou para edifícios públicos federais que sofreram algum tipo de *retrofit*, sendo que estes edifícios devem atingir o nível A de eficiência (BRASIL, 2014). Desde a sua implantação, em 2009, já foram emitidas 224 etiquetas, sendo 93 para edificações construídas (ELETROBRAS, 2019).

Desde então, tem-se buscado aperfeiçoar o processo de etiquetagem no Brasil, definindo-se as limitações dos métodos atuais e baseando-se em normativas internacionais. Conforme anteriormente citado, um novo método de avaliação energética foi desenvolvido e posto em consulta pública pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2018). Partindo-se da premissa do consumo de energia primária e por meio de comparação com edificações de

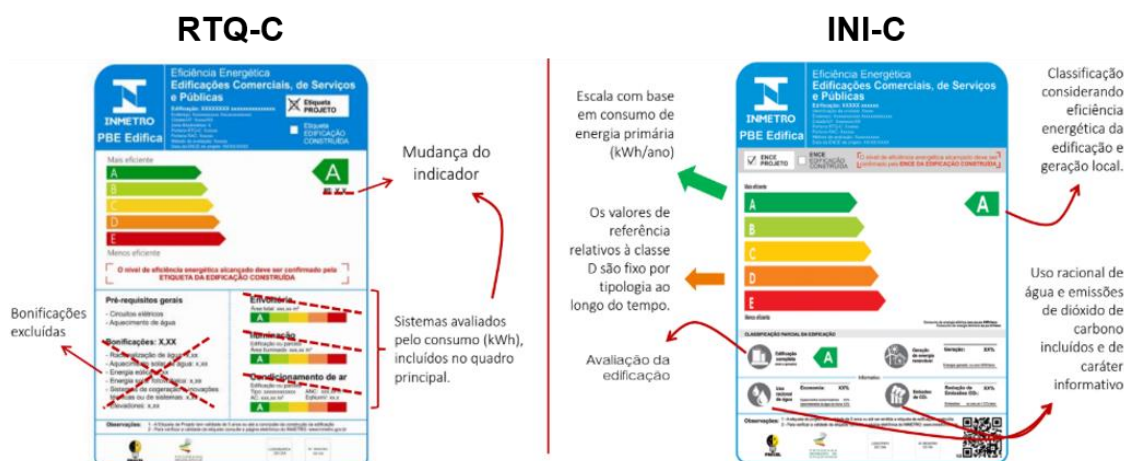
referência de nível D, este método insere uma nova perspectiva para formulação de ENCE's parciais e totais (VIEIRA et al. 2019).

Na INI-C é realizada uma comparação da edificação, considerando suas características reais, com o mesmo edifício, adotando uma condição de referência. A instrução prevê dois métodos de avaliação: o simplificado e o de simulação. O primeiro é realizado por meio da inserção, em um modelo simplificado, de dados da geometria da edificação, materiais construtivos e a potência de equipamentos e iluminação. A carga térmica de refrigeração do edifício é prevista pelo uso de redes neurais artificiais. Para a utilização desse método, a edificação deve se enquadrar dentro de alguns limites, referentes a sua geometria e propriedades, caso contrário, recomenda-se a utilização do método de simulação (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018).

A avaliação da edificação por ambos os métodos, é obtida por meio da carga térmica do edifício real e de uma edificação de referência. Para a edificação de referência são consideradas tipologias de diferentes edificações (escritórios, educacionais, hospedagem, hospitalares, entre outros). No entanto, não há tipologia específica para edifícios históricos, o que torna necessário utilizar, na maioria das vezes, a tipologia genérica, chamada na proposta de “não definida anteriormente”. O valor do nível de eficiência energética das edificações de referência é o D, e a edificação real será classificada de acordo com a sua eficiência em comparação com a de referência, entre A, mais eficiente, e E, menos eficiente.

A INI-C estabelece a classificação de eficiência por meio da avaliação da envoltória, dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água. Além disso, pode ser apresentada informação quanto ao uso racional de água, geração de energia renovável e emissões de dióxido de carbono da edificação. A rotulagem também prevê a criação de uma etiqueta, que pode ser geral ou parcial, porém com algumas diferenças da etiqueta emitida pelo RTQ-C, sendo uma delas a escala com base no consumo de energia primária, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Diferenças entre as etiquetas do RTQ-C e da INI-C



Fonte: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E (2017).

As principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C foram resumidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese das principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C

RTQ-C: Limitação	INI-C: Aperfeiçoamento
Não diferencia área envidraçada e proteções solares por orientação	Permite a entrada de dados diferenciada por fachada
Limitação na representação por volumetria da edificação	Permite a modelagem de diferentes formas geométricas
Impossibilidade das equações descreverem diversas variações volumétricas	
Não responde bem a aplicação de vidros de controle solar	Considera o uso de vidros de controle solar
Uso de parâmetros ponderados para toda edificação	Permite a entrada de dados de cada zona térmica da edificação
Necessidade de levantamento de dados não significativos na avaliação	Simplifica a entrada de dados por significância no resultado
Considera apenas um tipo de sistema HVAC (Split)	Possibilita a avaliação de qualquer sistema de HVAC
Não considera influências do entorno edificado	Considera o ângulo de obstrução vizinha
Os pré-requisitos de paredes e coberturas podem penalizar uma edificação onde estes itens não são representativos	Permite a entrada das características térmicas de paredes e cobertura, independente de pré-requisitos
Uso de apenas um padrão de carga térmica interna e padrão de uso e ocupação	Permite a especificação do tipo de uso da edificação
Não considera a influência da iluminação natural e ventilação natural	Permite a avaliação da iluminação natural e ventilação natural
Utiliza índices de consumo sem relação direta com o consumo de energia da edificação	Adota o consumo de energia da edificação como parâmetro de avaliação

Fonte: Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - ABRAVA (2018).

Por se tratar de uma temática recente e de âmbito nacional, existem poucos trabalhos que relacionam as alterações propostas no INI-C. Um exemplo, foi o desenvolvido por Vieira *et al.* (2019), onde os autores comparam a classificação



de eficiência energética do prédio 20 do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) Campus II, localizado em Belo Horizonte - MG, utilizando o método prescritivo proposto pelo RTQ-C com o novo método simplificado da INI-C. No que se refere à envoltória, os resultados do primeiro método mostraram que a etiqueta ficou limitada aos pré-requisitos limitadores, relacionados às propriedades térmicas das paredes e coberturas. Já para o novo método, o resultado obtido foi a etiqueta A. Os autores concluíram que a restrição para se atingir a classe A de eficiência no prédio pelo método antigo, pode ser explicado pelo não atendimento dos pré-requisitos propostos no RTQ-C. É importante ressaltar que apesar das diferenças entre o RTQ-C e a INI-C, ambos consideram a simulação computacional como um método de avaliação.

### **2.1.7 Proposta de parâmetros de etiquetagem da INI-C**

De acordo com De Vecchi (2019), a proposta de parâmetros para a etiquetagem energética no INI-C iniciou-se com a proposição de modelos genéricos, baseados em edifícios existentes identificados após um levantamento de dados por todo o território nacional, e fundamentados em características construtivas predominantes no levantamento.

Para as edificações educacionais, por exemplo, Rupp *et al.* (2016) afirmam que para uma melhor caracterização dos modelos edilícios no território brasileiro, foi necessário um desmembramento por etapas de ensino: educação infantil, ensino fundamental/médio e ensino superior. E para o levantamento desses edifícios, foram utilizadas: a base das edificações etiquetadas fornecida pelo INMETRO; a base da prefeitura de Florianópolis; a base da prefeitura de Curitiba e a base CITE (Classificador Inicial de Tipologias de Edificações), que contou com edifícios de Florianópolis, Recife, Belo Horizonte e São Paulo.

Já para o modelo de referência para edificações de escritórios, de acordo com Fonseca *et al.* (2016), o levantamento das edificações foi iniciado com a eleição de uma cidade representativa para cada equação do RTQ-C e, para tanto, a cidade deveria ter uma disponibilidade de dados razoável e a variedade de tipologias de escritórios edificadas. As cidades escolhidas foram: Curitiba (ZB 1),

Florianópolis e São Paulo (ZB 2 e 3), Brasília (ZB 4 e 5), Salvador (ZB 6 e 8) e Cuiabá (ZB 7).

As equações do RTQ-C podem corresponder a mais de uma Zona Bioclimática, por isso há cidades que representam duas zonas, que correspondem a uma equação. Já as cidades de São Paulo e Florianópolis foram selecionadas devido às diferenças entre as tipologias dos edifícios, pois enquanto a primeira apresenta edificações maiores e com maiores investimentos em tecnologia, Florianópolis possui tipologias mais condizentes com a realidade de cidades brasileiras de médio porte (FONSECA et al., 2016).

Após a seleção das cidades, as edificações foram levantadas por meio de buscas em *sítes* de construtoras e imobiliárias, consultas às bases de dados existentes e levantamento visual pelo *Google Maps*. No entanto, após dificuldades em encontrar os dados, foi realizado um novo levantamento, independentemente da zona bioclimática ou das cidades previamente selecionadas, que considerou os seguintes aspectos: a base das edificações etiquetadas, fornecida pelo Inmetro; a base Tamanini; a base CITE (Classificador Inicial de Tipologias de Edificações); a base da Prefeitura de Curitiba; a base da Prefeitura de Florianópolis, entre outras (FONSECA et al., 2016).

Tanto para as edificações educacionais, quanto para as de escritórios considerou-se que os edifícios possuem métodos construtivos semelhantes e, por isso, a proposição da maioria dos parâmetros relacionados à envoltória, como a transmitância térmica de paredes e coberturas, foi feita adotando-se o valor mais frequente no levantamento de dados (RUPP et al., 2016; FONSECA et al., 2016).

Após a identificação das características predominantes dentro de cada tipologia, foram propostos modelos com as características mais encontradas, que por sua vez foram submetidos à etiquetagem por meio do método prescritivo do RTQ-C, etiquetando separadamente a envoltória, e os sistemas de iluminação e condicionamento de ar. Após esta etiquetagem, os modelos com pior desempenho serviram como base para a proposta, sendo determinados como modelos de referência para o nível D de eficiência energética (RUPP et al., 2016; FONSECA et al., 2016).

Após esses processos, foram criadas Tabelas para a Condição de Referência de Edificações, presentes no Anexo A da INI-C, divididas por tipo de uso, ou seja, cada tabela propõe um modelo de referência para a etiquetagem de diferentes tipologias de edificações comerciais, de serviços ou públicas, descritas a seguir:

- a) Edificações de escritório (Tabela A.1);
- b) Edificações educacionais: ensino médio, fundamental e superior (Tabela A.2);
- c) Edificações de hospedagem: pequenas, médias e grandes (Tabela A.3);
- d) Edificações hospitalares: clínicas e hospitais (Tabela A.4);
- e) Edificações de varejo: lojas, lojas de departamento e shopping center (Tabela A.5);
- f) Edificações de varejo: mercados (Tabela A.6); e
- g) Edificações de alimentação: restaurantes e praças de alimentação (Tabela A.7);

Para os casos em que a tipologia não se enquadra nas citadas anteriormente, recomenda-se o uso da Tabela A.8, que abarca os usos não descritos anteriormente (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018). A Instrução Normativa recomenda então, o uso dessas tabelas para que sejam criadas duas condições: uma real e uma de referência, conforme Figura 6.

Após as configurações dos parâmetros propostos, os dois modelos são analisados, e após a análise os modelos são comparados, e se o modelo real tiver desempenho inferior ao de referência, recebe etiqueta E; se for igual ou levemente superior, recebe etiqueta D; e se for superior, recebe etiqueta C, B ou A, de acordo com o nível de melhoria (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018).

Figura 6 – Exemplo de parâmetros para condição real e de referência

Tabela A.1 – Valores de referência para edificações de escritório

Uso típico	Edificações de escritórios	
	Condição real	Condição de referência
<b>Geometria</b>		
Forma		Condição real
Orientação solar (°)		Condição real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição real
<b>Aberturas</b>		
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	50
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0
<b>Componentes construtivos</b>		
<i>Parede</i>		
Upar - Transmitância da parede externa (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	2,39
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição real	150
<i>Cobertura</i>		
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição real	233
<i>Vidro</i>		
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real
<b>Iluminação e ganhos</b>		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> ) **	Condição real	14,1***
Ocupação (m <sup>2</sup> /pessoa)	10,0	10,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	9,7	9,7
Horas de ocupação (horas)		10
Dias de ocupação (N <sub>ano</sub> )****		260
Condição do piso		Condição real
Condição da cobertura		Condição real
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura setpoint (°C)		24,0
Aquecimento de água*****		-

 Parâmetros da Condição Real

 Parâmetros da Condição de Referência

Fonte: adaptado de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

É possível observar, na condição real, que o modelo é configurado obedecendo as características reais da edificação. Na condição de referência, são fornecidos os parâmetros para serem substituídos em alguns dados de entrada, de forma a criar um edifício de Nível D de eficiência energética.

### 2.1.8 Simulação de desempenho energético em edificações

A simulação computacional representa uma simplificação da condição real, em seus níveis de complexidade, que em função dos dados de entrada adotados podem levar a resultados mais ou menos precisos (MARTINS et al., 2009). Pode-se dizer que a simulação termoenergética tem o objetivo de comprovar a eficiência de um sistema, melhorando o desempenho térmico e o nível de

eficiência energética de um edifício existente, sendo uma maneira de testar elementos que tragam economia, auxiliando na escolha das soluções.

A avaliação da eficiência energética de edificações necessita de um número considerável de variáveis, o que justifica o uso de ferramentas computacionais para sua análise, além da recomendação deste método por normas e regulamentos de EE. São elaborados modelos físicos das edificações para representar o comportamento térmico e energético dos edifícios, e para o cálculo da eficiência energética das edificações podem ser usados *softwares* para simulação do desempenho da edificação.

De acordo com o Departamento de Energia dos Estados Unidos, existem 407 programas cadastrados e desenvolvidos em várias partes do mundo, aptos a realizar avaliações computacionais de eficiência energética, energias renováveis e sustentabilidade nas edificações. Uma das vantagens do uso desse tipo de ferramenta é a capacidade de teste para várias estratégias, tanto relacionadas à localização da edificação, quanto às decisões projetuais. Para as simulações é necessário o fornecimento de dados de entrada, como por exemplo, a geometria do edifício, as características climáticas da região onde ele se insere, sua orientação solar, as propriedades dos materiais que o compõem, cargas internas, informações sobre sua operação, comportamento dos usuários, dentre outros (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2018).

No Brasil, o desenvolvimento destes *softwares* de avaliação energética em edificações ainda é escasso. Esta escassez tem como consequência o desenvolvimento da maior parte das pesquisas em programas oriundos de outros países, sendo um exemplo deles o *Energy Plus*, desenvolvido nos Estados Unidos e disponibilizado gratuitamente, o que explica sua utilização em grande escala (MAILE; FISCHER; BAZJANAC, 2007). Outro exemplo é o *software DesignBuilder*, que foi desenvolvido no Reino Unido e, apesar de não ser gratuito é disponibilizado para testes em sua página eletrônica. Este programa possui interface mais amigável e possibilidades de modelagem gráfica das edificações, além de emitir gráficos e tabelas que simplificam as análises (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTDA, 2018).

Para as simulações é muito importante que o programa estime corretamente o consumo real dos edifícios, por isso, uma etapa fundamental neste processo é a calibração do modelo. Neste processo é feita a comparação dos resultados obtidos e os dados reais da edificação (MENDONÇA, 2014). E para que esta etapa seja efetuada com sucesso é importante que a modelagem esteja correta, bem como a configuração das propriedades dos materiais. Ressalta-se que apesar das simulações estarem se consolidando e tornando uma alternativa confiável para a avaliação de edifícios, é necessária uma avaliação crítica e criteriosa do pesquisador sobre os resultados obtidos.

### **2.1.9 Relação da envoltória e as propriedades dos materiais e métodos construtivos com a eficiência energética**

O desempenho energético de um edifício está relacionado ao seu comportamento térmico, que por sua vez corresponde ao resultado da intensidade da radiação solar incidente em sua envoltória e das propriedades térmicas de seus materiais e componentes construtivos (FROTA; SHIFFER, 2003).

As escolhas dos materiais a serem empregados nos sistemas de vedações verticais e horizontais, podem facilitar ou dificultar as trocas térmicas entre o ambiente externo e interno. Características como a localização das esquadrias na envoltória, ou a cor definida para as paredes, permitem uma melhor ou pior absorção de calor. Essas e outras variáveis relacionadas ao edifício necessitam ser consideradas para auxiliar nas questões térmicas e energéticas.

Neste trabalho, o termo “envoltória” compreende todas as paredes externas, a cobertura, as aberturas e esquadrias. De acordo com Manioglu e Ylmaz (2006), o envelope do edifício é o principal parâmetro influente no sistema passivo que afeta o clima interno, modificando o fluxo térmico. É importante ressaltar que há dois tipos de propriedades térmicas: a dos elementos construtivos, como as paredes externas, e a dos materiais, como a madeira, o concreto, entre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Quanto à envoltória, dentre os elementos que devem ser analisados estão os fechamentos opacos e transparentes, as propriedades dos materiais, as cores das paredes externas e as propriedades térmicas de paredes e coberturas. Os

fechamentos são responsáveis pelas trocas térmicas que o ambiente interno faz com o externo, e podem dificultar a passagem de calor de acordo com as características de seus componentes.

Os fechamentos opacos, como coberturas e paredes, fazem as trocas de calor por condução, radiação e convecção, mas as principais trocas térmicas acontecem pelos fechamentos transparentes como os vidros, que permitem a passagem da luz solar, aquecendo os elementos internos e transmitindo o calor (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Algumas propriedades dos elementos construtivos estão relacionadas às trocas térmicas, como a transmitância, a capacidade térmica e a absorvância solar. A transmitância térmica, conforme a NBR 15220:2005, é representada pela letra U e expressa pela unidade  $W/m^2K$ , medindo a transmissão de calor em unidade de tempo de um elemento ou componente construtivo, induzido pela diferença de temperatura entre a superfície interna e a superfície externa.

Essa propriedade corresponde ao inverso da resistência térmica total, que diz respeito a dificuldade de transmissão de calor, e é calculada a partir do somatório de resistências térmicas dos materiais construtivos com as respectivas resistências superficiais. A capacidade térmica ( $C_T$ ) refere-se à quantidade de calor necessária para variar em uma unidade de temperatura em um sistema (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Salienta-se que a NBR 15220:2005 traz todos os procedimentos de cálculo dessas propriedades em sua parte 2, além dos dados das propriedades dos materiais mais utilizados na construção civil.

A absorvância solar, é representada pela letra grega  $\alpha$ , e corresponde a razão entre a radiação solar que é absorvida e a radiação total incidente, nessa mesma superfície, sendo adimensional. Seu valor máximo e quase hipotético é igual a 1, sendo normalmente expressada em números decimais (de 0,00 a 1), podendo também ser representada em porcentagem, de 0 a 100% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

A partir dos dados, referências e conceitos abordados, buscou-se elucidar os aspectos inerentes à questão da eficiência energética e suas variáveis influenciadoras. Além disso, para o entendimento da metodologia proposta nesta

pesquisa, é necessário abordar o segundo tema predominante: as edificações históricas e sua relação com a eficiência energética.

## 2.2 EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao analisar a realidade dos edifícios históricos, é comum a discussão da alteração de usos, pois a manutenção do patrimônio edificado está relacionada às alternativas para a ocupação do espaço, que impede a sua ruína ou demolição, sendo que essas edificações necessitam serem inseridas nas listas de edifícios protegidos a nível federal, estadual e municipal, de acordo com as legislações existentes para a proteção de sua integridade arquitetônica.

No entanto, além da questão da ocupação, outro ponto relevante a ser considerado com relação a preservação dos edifícios históricos é a questão energética. Esses edifícios, muitas vezes, eram construídos com paredes de grandes espessuras e elevada capacidade térmica, com isso é comum pensar-se que essas edificações são confortáveis termicamente, devido aos materiais e métodos construtivos, mas é preciso analisar as características construtivas e propriedades térmicas e quais fatores que os tornam termicamente confortáveis ou não.

### 2.2.1 A importância do patrimônio cultural edificado

Os conceitos de patrimônio histórico e sustentabilidade possuem em comum a preocupação com o ser humano, tanto pela responsabilidade com os padrões de consumo crescentes na sociedade, quanto pelo testemunho físico de sua identidade, pois estão atrelados ao balanço entre o passado e o futuro. Para que se entenda a necessidade de requalificação do uso do patrimônio, com a análise da eficiência energética é necessária a valorização como composição arquitetônica concebida originalmente e seu valor como testemunho concreto da história de um povo.

Originalmente, o conceito de patrimônio histórico considerava apenas os bens universalmente relevantes para a humanidade. Posteriormente, a definição de patrimônio cultural tornou-se mais abrangente, incluindo não apenas marcos antigos emblemáticos, como também residências, áreas urbanas, dentre outros (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2014).



No século XX, diretrizes norteadoras começaram a ser formalizadas para a preservação do patrimônio. Assim, houve convenções internacionais que reuniram técnicos e especialistas da área, que deram origem a documentos denominados “Cartas Patrimoniais”. As primeiras cartas, como a Carta de Atenas de 1931, preocupavam-se em definir o monumento histórico e seu conjunto arquitetônico. Enquanto as cartas mais recentes trouxeram aspectos das cidades e do urbanismo, qualidade de vida das pessoas, referências locais, dentre outros pontos (COSTA, 2012).

No Brasil, o Artigo 216 da Constituição Federal de 1988 substituiu a antiga nomenclatura Patrimônio Histórico e Artístico por Patrimônio Cultural Brasileiro e o conceitua como “bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, a ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira” (BRASIL, 1988, art. 216). Essa alteração incorporou referências culturais de caráter imaterial aos bens passíveis de reconhecimento. A Constituição estabelece ao poder público uma parceria com as comunidades para preservação e proteção do patrimônio brasileiro, porém mantém sua gestão e documentação relativa aos bens sob responsabilidade dos órgãos governamentais (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2014).

De acordo com Hegazy (2015) o patrimônio edificado está sujeito a intempéries, agentes biológicos e a ação humana, sendo que é recomendado que esteja sempre em uso, de forma a desacelerar a sua degradação. Em decorrência da impossibilidade de sua demolição ou destruição em decorrência ao seu valor histórico, ações de preservação contínuas são necessárias para aumentar a vida útil, como a atribuição de novos usos aos espaços considerados representativos a memória coletiva, pois não apenas endossam a necessidade de seu restauro, como também asseguram a sua existência.

Devido à importância da preservação do patrimônio, há órgãos nacionais e internacionais que zelam e fornecem orientações, para intervenção no patrimônio cultural. Um exemplo é o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS), que é uma organização não-governamental que tem como uma de suas atribuições, promover a proteção e valorização dos monumentos, conjuntos e sítios históricos, contidos na lista de Patrimônio Cultural da

Humanidade da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO (INTERNACIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES, 2019).

Nacionalmente, o único órgão responsável pelo cumprimento dos marcos legais relacionados à gestão do Patrimônio Cultural Brasileiro e dos bens reconhecidos pela UNESCO é o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Este órgão trabalha em parceria com os governos estaduais e municipais nos eixos de coordenação, regulação e fomento (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2014).

### **2.2.2 A preservação das edificações históricas em Vitória**

No Brasil, a proteção do patrimônio cultural por ser feita em três esferas: nacional, estadual e municipal. O instrumento de preservação mais conhecido é o dispositivo legal denominado tombamento, que objetiva reconhecer o valor cultural de um bem que passa a fazer parte de uma listagem de bens de valor histórico e cultural, reconhecida por um órgão competente. O tombamento não impede que o imóvel sofra modificações, no entanto, elas devem ser previamente aprovadas e acompanhadas, com o auxílio do órgão responsável. No âmbito nacional, a proteção dos bens por meio do tombamento é responsabilidade do IPHAN (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2014).

No Espírito Santo, dentre os bens protegidos pelo IPHAN, predominam as igrejas dos séculos XVI e XVII e há também bens imateriais registrados, como o Ofício das Paneleiras de Goiabeiras e o Ofício dos Mestres de Capoeira (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2014). Ao todo 14 bens materiais são tombados: em Anchieta, a Igreja de Nossa Senhora da Assunção e residência; em Guarapari, a Igreja de Nossa Senhora da Conceição; na Serra, a Igreja dos Reis Magos e residência; em Viana, a Igreja de Nossa Senhora da Ajuda e as Imagens de Nossa Senhora da Conceição 02 e alfaias; em Vila Velha, o Convento e Igreja de Nossa Senhora da Penha; a Igreja de Nossa Senhora do Rosário e a Imagem de Nossa Senhora da Penha da Igreja de Nossa Senhora do Rosário; e em Vitória, a Casa na rua José Marcelino, 197 e a Casa na rua José Marcelino, 203-205, a Casa e Chácara do Barão de

Monjardim; a Igreja de Nossa Senhora do Rosário, a Igreja de Santa Luzia e a Igreja de São Gonçalo, todas localizadas na Região Metropolitana da Grande Vitória (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2015).

Na esfera estadual, compete a Secretaria de Estado e Cultura (SECULT) por meio da Gerência de Memória e Patrimônio (GMP) “identificar, promover, recuperar, defender e formular políticas públicas para o patrimônio histórico, cultural, artístico e natural do Estado do Espírito Santo, que abrangem bens de natureza material e imaterial” (ESPÍRITO SANTO, 2019). O tombamento dos bens é feito pelo Conselho Estadual de Cultura (CEC), que é um órgão consultivo vinculado à SECULT, responsável pela aprovação de toda e qualquer intervenção nos imóveis tombados pelo estado (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Na cidade de Vitória, a Secretaria de Desenvolvimento da Cidade (SEDEC) é a responsável pela identificação de imóveis passíveis de proteção histórica e cultural, e o tombamento dessas edificações é previsto no Plano Diretor Urbano-PDU (ESPÍRITO SANTO, 2019). Esse tombamento é realizado por meio de um pedido do proprietário do imóvel ou órgão público, ao Conselho Municipal do PDU, responsável por avaliar a demanda e elaborar um relatório técnico reprovando ou aprovando a petição (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2010).

A prefeitura reconhece ao todo 42 bens históricos e culturais, dentre os tombados nas esferas nacional, estadual e municipal, que compõem o centro histórico da cidade, que apesar de menos reconhecido, é mais antigo que os das cidades de Ouro Preto - MG e de São Paulo - SP (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2017). Estes pontos estão inseridos no programa Visitar Centro Histórico (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018), criado pela Prefeitura Municipal como estratégia da política de Requalificação do Centro Histórico de Vitória, apresentada no artigo 152 do PDU de 1984, uma das prioridades do governo municipal, lançado com o objetivo de revitalizar a área do centro da cidade, que vem vivenciando desde a década de 1970 um processo de esvaziamento socioeconômico e cultural. Este fato evidencia a necessidade de requalificação das edificações de interesse histórico, de modo a fomentar sua preservação (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018).

O Plano Diretor de Vitória (2018) reconhece, dentre outros, dois instrumentos de preservação do patrimônio que são abordados neste trabalho: o inventário e o tombamento. O inventário é definido como “o procedimento administrativo pelo qual o poder público identifica e cadastra os bens culturais materiais, móveis e imóveis, bem como imateriais do Município, com o objetivo de subsidiar as ações administrativas e legais de preservação” (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018, p. 65). Já o tombamento “constitui regulação administrativa a que estão sujeitos os bens de natureza material integrantes do patrimônio histórico, cultural e paisagístico do Município, cuja conservação e proteção sejam fundamentais ao atendimento do interesse público” (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018, p. 66). Ele é realizado considerando alguns critérios: a historicidade, a caracterização arquitetônica, a situação em que se encontra a edificação, a representatividade, a raridade arquitetônica, o valor cultural, o valor ecológico e o valor paisagístico, e estabelece graus de proteção de acordo com o PDU (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018):

- I. Proteção integral primária (GP1): para edificações, conjuntos, obras, sítios urbanos e arqueológicos que apresentam importância histórica e sócio cultural e possuem características originais, ou com pequenas alterações, porém sem que haja descaracterização significativa, deverão ser objeto de conservação total, interna e externa, incluindo fachadas e cobertura;
- II. Proteção integral secundária (GP2): para edificações, conjuntos, obras e sítios urbanos que, por sua importância histórica e sociocultural, devem ser objeto, no seu exterior, de restauração total, incluindo fachadas e cobertura e, no seu interior, de adaptação às atividades desde que não prejudiquem seu exterior;
- III. Proteção do entorno (GP3): para as edificações, obras e logradouros vizinhos ou adjacentes às edificações de interesse de proteção integral, com vistas a manter a integridade arquitetônica e paisagística do conjunto em que estejam inseridos, sendo que a reforma ou reconstrução deverá manter a mesma volumetria e afastamentos, não podendo descaracterizar ou prejudicar as edificações objeto de proteção integral (PREFEITURA DE VITÓRIA, 2018, p. 68).

O ato do tombamento unicamente, não garante a preservação de um edifício, sendo importante haver um plano de revitalização adequado, bem como

iniciativas advindas do poder público que evitem seu esvaziamento e degradação, sendo a realidade dos centros históricos brasileiros que possuem poucas iniciativas para reversão dessa situação.

### **2.2.3 Estratégias para a melhoria da eficiência energética de edificações históricas**

Para ser denominado “edifício histórico”, a edificação deve ter idade suficiente para ter sido estudada por historiadores, deve manter a sua integridade física e estética e deve ser significativa, refletindo aspectos importantes da história, ou representando características de um estilo arquitetônico, ou ainda tendo o potencial de produzir informações para a compreensão do passado pela sociedade.

A preocupação com o desempenho energético do estoque edificado, deve envolver também, os edifícios históricos, pois além de possuírem valor social, geram custos de manutenção elevados quando não tem seus sistemas adequados às demandas energéticas atuais. Na Europa, os centros urbanos reúnem grande parte de seu patrimônio histórico. A Itália, por exemplo, possui mais da metade dos monumentos registrados no continente europeu, e após a publicação da EPBD houve um aumento significativo nas requalificações dos edifícios existentes para economia de energia (ASCIONE; ROSSI; VANOLI, 2011).

De acordo com o *Building Performance Institute Europe* (2011) no caso das edificações históricas, as medidas de conservação de energia são mais limitadas, dependendo do nível de proteção instituído e pelo órgão que a reconheceu como patrimônio cultural e, por isso, muitas vezes estas edificações são excluídas de diversas regulamentações de eficiência energética ao redor do mundo. No entanto, há que se considerar que existem medidas passíveis de adoção para a requalificação, que não resultam em uma descaracterização do edifício. E a readequação destas edificações para propiciar eficiência energética, deve levar em consideração a importância histórica na cidade em que se inserem (WILKINSON; JAMES; REED, 2009).

As alterações que interferem na envoltória da edificação para a melhoria de seu desempenho energético, são as mais complexas, pois não devem modificar o

aspecto da fachada. Devido a isso, alguns fatores precisam ser considerados para a aplicação desse tipo de intervenção em edifícios históricos, não perdendo o significado da edificação e, também, não executando alterações desnecessárias. Um exemplo que pode ilustrar a questão, é realizar a substituição completa de uma esquadria bicentenária por uma com melhor desempenho, ou a troca de seus vitrais por tipos de vidros mais eficientes, medida que além de gerar menor prejuízo à edificação, possui maior custo-benefício com soluções menos invasivas (ENGLISH HERITAGE, 2004).

Normalmente, intervenções em uma edificação irão ocasionar modificações em sua estrutura física, mas tal fato não deve ser motivo para que não se busquem soluções para a melhoria do desempenho e, conseqüentemente, sua proteção. Destaca-se a importância de lançar mão do uso de tecnologias, para que as mudanças sejam minimamente invasivas, principalmente esteticamente, quando se trata de edificações históricas. Dentre os critérios a serem considerados para toda e qualquer alteração neste tipo de edificação, estão o princípio da mínima intervenção e a busca pela máxima autenticidade de seus componentes (3ENCULT, 2010).

Outro ponto importante para a preservação e restauração das edificações históricas é o conhecimento de suas técnicas construtivas. E, apesar da tecnologia ser uma aliada na hora de restaurar uma edificação, o conhecimento dos métodos históricos é ainda o mais adequado, visto que oferece compatibilidade entre o original e a intervenção. No Brasil, as técnicas construtivas mais utilizadas, relacionadas a arquitetura de terra, onde era usada a terra crua, foram a taipa de pilão, o pau a pique e o adobe. Além dessas, utilizaram-se também, as alvenarias de pedras e tijolos, dentre elas a pedra seca, a pedra e barro, a pedra e cal e o tijolo cozido (RIBEIRO; BRAGA, 2003).

Em síntese, pode-se afirmar que as edificações históricas fazem parte do estoque edificado de uma localidade e, além disso, remontam a memória de uma população, constituindo importante legado, que deve ser preservado para aumentar a sua vida útil e manter viva a cultura local. Para isso, são necessárias adequações, de modo que estes edifícios não fiquem defasados no que diz respeito a seu desempenho, devido às mudanças no clima e nos padrões de

ocupação, que vem ocorrendo ao longo dos anos. Essas intervenções tem o objetivo de manter a sua utilização e fomentar sua preservação.

A busca pela eficiência energética é cada vez mais uma realidade e caminha para se tornar um pré-requisito para os edifícios novos e os já consolidados, o que fica evidenciado pela obrigatoriedade da etiquetagem dos edifícios públicos federais brasileiros. No entanto, é necessário que esta obrigatoriedade se estenda para as esferas estadual e municipal, abrangendo todo o território nacional. Esse fato não difere para as edificações de interesse histórico, que também devem ser requalificadas para atingir os melhores valores possíveis de EE, visto que muitas instituições brasileiras estão abrigadas nesses edifícios, como é o caso do governo do Espírito Santo, que se localiza em uma edificação histórica tombada na esfera estadual, o Palácio Anchieta.

#### **2.2.4 Pesquisas sobre eficiência energética em edificações históricas**

De acordo com Carvalho *et al.* (2019), as pesquisas relacionadas a eficiência energética em edifícios históricos possuem duas vertentes principais: algumas que priorizam o conforto térmico para a melhoria da EE, focando em alterações nas fachadas, o que muitas vezes, acaba por alterar ou encobrir características arquitetônicas que classificam o edifício como histórico. E outras que procuram o equilíbrio entre a melhoria do desempenho energético e a preservação do patrimônio histórico. Moran *et al.* (2014) afirmavam que, principalmente na Europa, onde as edificações históricas representam uma grande porcentagem da malha edificada, é de grande relevância que não sejam deixadas de lado com relação a EE.

O trabalho desenvolvido por Arumagi e Kalamees (2014), concentrou-se em prédios históricos de madeira, construídos antes da Segunda Guerra Mundial. Como método de pesquisa, foram utilizadas medições e simulações com o programa IDA Clima e Energia Interior 4.5.1, e os modelos virtuais criados foram calibrados por meio da comparação com os dados medidos. Posteriormente foram propostas medidas de renovação energética, aplicadas ao invólucro do edifício (fachada, piso do sótão, portas das janelas e piso do porão) e aos sistemas de serviço do edifício (aquecimento, ventilação, fonte de energia), como a adição de isolamento às paredes e a substituição das janelas,

melhorando seu desempenho termoenergético. No entanto, pode-se perceber que este trabalho faz parte da primeira vertente, focando majoritariamente no desempenho, pois as alterações propostas modificaram a fachada dos edifícios.

Além desses autores, Vallati *et al.* (2016) e Lucchi *et al.* (2017) focaram na melhoria do desempenho energético em prédios antigos, propondo estratégias de *retrofit* para as envoltórias dos edifícios, com maior foco no desempenho térmico, o que resultou em propostas de modificações nas fachadas, que alteraram ou encobriram as características arquitetônicas que caracterizam a historicidade das edificações.

Já relacionado a segunda vertente, que defende que a concentração das soluções de renovação para a envoltória do edifício, acaba sendo problemática, devido a questão da preservação dos valores arquitetônicos, há autores como Cornaro, Pugginoni e Strollo (2016) que estudaram a viabilidade de uma série de estratégias, para a melhoria da eficiência energética em uma edificação histórica italiana, construída de pedras de basalto com argamassa de cal, e os resultados demonstraram que os materiais poderiam ser utilizados na envoltória e obtendo melhor desempenho, de forma menos invasiva. Além desses, outros autores como Cirami *et al.* (2017), estudaram intervenções que pudessem aliar a eficiência energética e econômica, o desempenho térmico e a preservação dos edifícios históricos.

No que se refere aos estudos de aplicação da EE em edifícios históricos, a pesquisa de Murgul (2018), demonstrou que para os prédios estudados, localizados em São Petersburgo, as espessas paredes causavam problemas nos períodos mais frios do ano devido às altas capacidades térmicas, ou seja, necessitando de grandes quantidades de energia para o aquecimento. Já para as épocas quentes, Ascione, Rossi e Vanoli (2011) observaram que a alta inércia térmica e baixa transmitância fazem com que o desempenho no verão seja satisfatório, desde que aliadas com demais estratégias, como a ventilação natural.

O estudo de Rodrigues *et al.* (2015) defendeu a adequação de edifícios antigos para a melhoria de sua eficiência energética, além disso explorou a requalificação de um edifício histórico em Portugal, usando os critérios da



certificação alemã de desempenho energético, denominada *Passive House*, que oferece um conjunto de métodos e critérios mínimos, para promover o conforto térmico dos edifícios com baixa demanda de energia, por meio de estratégias passivas e ativas. Os autores utilizaram o *EnerPHit*, um certificado para *retrofit* de *Passive House*, com o qual elaboraram algumas estratégias para a melhoria do desempenho termoenergético da edificação, mantendo ao máximo a originalidade do edifício.

É importante ressaltar que as pesquisas relacionadas à eficiência energética, podem ser consideradas recentes, e quando aplicadas às edificações históricas esse fato é ainda mais relevante. Por exemplo, a *EnerPHit*, citada na pesquisa acima, é uma normativa com menos de 10 anos, havendo poucas publicações sobre ela (CARVALHO et al., 2019). No que se refere ao Brasil, a realidade não é diferente, pois há poucas pesquisas que relacionam a temática da eficiência energética associada aos edifícios históricos.

O trabalho realizado por Carvalho *et al.* (2019), demonstrou a possibilidade de aplicação da normativa alemã de desempenho energético *EnerPHit* em um edifício histórico, localizado no Rio Grande do Sul. O método utilizou a simulação com o programa *EnergyPlus*, versão 8.7.0, e foram feitas análises de viabilidade por meio das modificações do modelo-base, para o atendimento dos critérios na norma alemã. Como resultados foi obtida uma melhoria no desempenho termoenergético da edificação, sem que fossem realizadas intervenções invasivas na arquitetura do edifício.

Mendonça (2014), desenvolveu uma pesquisa realizando um levantamento de edifícios históricos de uso institucional ou público na cidade de Florianópolis/SC, com o objetivo de caracterizar suas tipologias construtivas e identificar os parâmetros da envoltória que influenciam no desempenho energético. Como resultados, a autora caracterizou o consumo de energia da amostra estudada, que contou com 40 edificações, realizando análises com o RTQ-C e relacionando o consumo às características da envoltória. Já o trabalho de Knop (2012), teve como objetivo a avaliação do comportamento termoenergético de uma edificação histórica localizada no centro da cidade de Pelotas, com novo uso, e a verificação dos efeitos de possíveis medidas corretivas para o aumento dos níveis de

conforto térmico e de eficiência energética no edifício, que não fossem invasivas e mantivessem o caráter histórico do edifício.

Apesar do Brasil já possuir regulamentos de etiquetagem e normas de desempenho, nenhum deles especifica requisitos que consideram os edifícios históricos. Ou seja, é necessário um estudo sobre a viabilidade de incluir na regulamentação vigente, critérios que avaliem corretamente o desempenho energético dessas edificações.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa tem como objeto a viabilidade de aplicação da etiquetagem energética em edificações de valor histórico, e sua abordagem pode ser classificada como quantitativa na obtenção dos dados para estudo, e como qualitativa na análise e representação dos dados obtidos.

#### 3.1 ETAPAS DA PESQUISA

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em sete etapas, caracterizadas a seguir.

Na primeira etapa foram definidos critérios para a seleção das edificações para a base do estudo, que posteriormente foram aplicados estabelecendo-se o recorte.

Na segunda etapa, foi realizado o levantamento de dados, a partir de visitas aos edifícios selecionados na primeira etapa. Além disso, foi pesquisado todo o material histórico e gráfico relacionado ao projeto das edificações, faturas de energia referentes a um ano, bem como os dados construtivos e de operação dos edifícios. Essas informações foram compiladas em fichas e posteriormente foi realizada a identificação dos métodos construtivos empregados aos edifícios selecionados, bem como o cálculo das propriedades térmicas das técnicas construtivas predominantes.

Na terceira etapa efetuou-se a etiquetagem de eficiência da envoltória das edificações, utilizando-se o método prescritivo proposto no RTQ-C, para tanto, além dos cálculos especificados pelo documento, foi utilizada a ferramenta *online* e gratuita WebPrescritivo.

Na quarta etapa foram criados e configurados os modelos virtuais dos edifícios, com o auxílio do programa de simulação computacional *DesignBuilder*, versão 3.4.0.401, considerando as características levantadas na etapa dois.

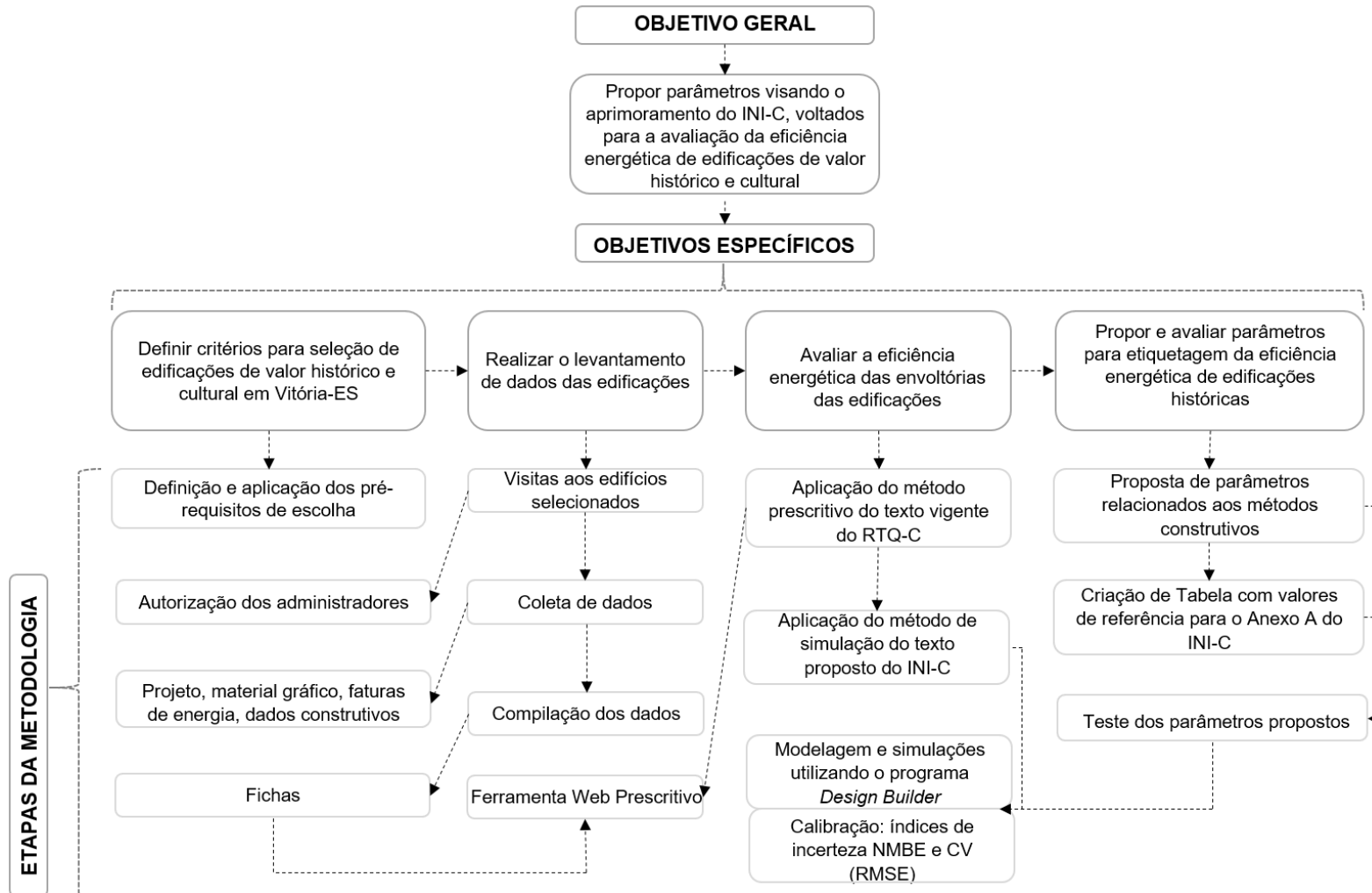
A quinta etapa caracterizou-se pela calibração dos modelos, na qual foram utilizados índices de calibração, que promovem uma comparação entre dados medidos, obtidos nas faturas de energia, e dados simulados.

Na sexta etapa, realizou-se a etiquetagem de eficiência da envoltória das edificações, utilizando-se o método de simulação proposto pela INI-C.

Em seguida, na sexta etapa, foram estabelecidos os parâmetros para etiquetagem energética de edificações históricas, voltados para a envoltória, que se baseiam nos métodos construtivos presentes nas edificações selecionadas, e posteriormente foi realizada uma nova etiquetagem, com o método de simulação, utilizando-se os parâmetros propostos.

A fim de sistematizar os estágios da metodologia adotada, foi elaborado o fluxograma apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma com a metodologia adotada na pesquisa



Fonte: a autora (2020).

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ESCOLHA

Para o estabelecimento das edificações base para o estudo, foram definidos inicialmente alguns critérios de escolha, que posteriormente foram aplicados, gerando um recorte de quatro edifícios, de diferentes métodos construtivos, considerando a necessidade de serem edificações de valor histórico e cultural. Os pré-requisitos definidos foram:

- Serem edifícios presentes na relação de bens tombados na cidade de Vitória - ES, nas esferas municipal, estadual e federal, sendo edificações com valor histórico reconhecido legalmente;
- Estarem em uso contínuo, para caracterização e levantamento do seu consumo de energia, além de estarem abertos à visitação;
- Serem edifícios de uso Institucional, como órgãos públicos, escolas, prestação de serviços e fins culturais, visto que estes edifícios possuem etiquetagem obrigatória, de acordo com a Instrução Normativa 02, com mais de 500 m<sup>2</sup> e sofreram reformas ou receberam algum tipo de *retrofit*.

Para as edificações selecionadas, foi realizado um breve histórico com o objetivo de entender seus usos ao longo de sua vida útil e possíveis alterações que podem ter sofrido devido às mudanças em sua utilização.

### 3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS

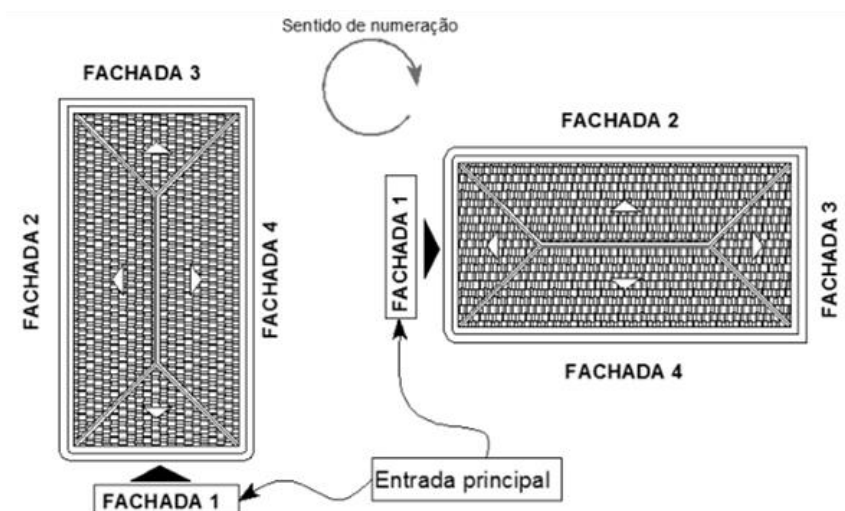
O levantamento técnico das edificações selecionadas englobou uma série de dados referentes à história, métodos construtivos, projetos, informações de ocupação e operação dos edifícios, e as faturas de energia referentes aos doze meses do ano de 2018. Para a coleta de dados históricos foram utilizados *sites* e documentos da *internet*, livros e informações disponíveis e expostas nos edifícios, recolhidas durante as visitas.

Para a realização das visitas, formalizou-se um contato com os órgãos responsáveis pela administração dos edifícios, pois mesmo sendo abertos ao público, foram necessárias autorizações específicas para acesso a alguns ambientes e para a coleta de dados, como os projetos. Foram elaborados ofícios de apresentação da pesquisa, posteriormente enviados aos responsáveis pelas edificações. Os dados de uso e operação dos quatro edifícios foram constatados

*in loco*, por meio de observação técnica, assim como conversas com os funcionários. Adicionalmente foram feitos registros fotográficos.

Para a posterior avaliação das edificações quanto à eficiência energética, foram levantadas informações relacionadas às envoltórias dos edifícios, seus sistemas de vedação vertical, tipos de esquadrias, percentual de área envidraçada, entre outros. Para isso, Mendonça (2014) propõe um sistema de numeração das fachadas que facilitou a organização das informações relacionadas à envolvente. Com isso, a Fachada 1 sempre foi considerada a principal, e as demais fachadas foram numeradas em sentido horário, conforme mostrado na Figura 8.

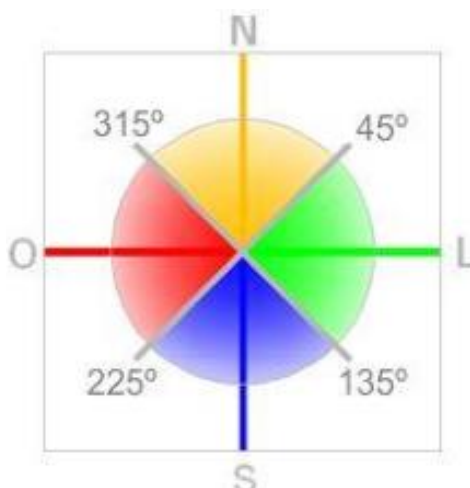
Figura 8 - Método para numeração das fachadas



Fonte: Mendonça (2014).

Para a orientação geográfica das fachadas, foi adotado o método proposto no Manual para Aplicação do RTQ-C (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2016), que visa simplificar as orientações em quatro: de  $0^{\circ}$  a  $45^{\circ}$  e de  $315,1^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  considera-se a orientação geográfica Norte; de  $45,1^{\circ}$  a  $135^{\circ}$  considera-se a orientação Leste; de  $135,1^{\circ}$  a  $225^{\circ}$  utiliza-se a orientação Sul e de  $225,1^{\circ}$  a  $315^{\circ}$  considera-se Oeste. Os quadrantes com os intervalos mencionados estão representados na Figura 9.

Figura 9 – Quadrantes para a definição da orientação das fachadas



Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2016).

Além das demais informações por fachada, foi calculado o percentual de abertura da fachada (PAF), que significa o resultado da divisão entre a soma da área envidraçada pela área total da fachada. Outro ponto importante para a avaliação foi o levantamento de dados construtivos das edificações, que incluiu: características da cobertura, tipos e espessuras de paredes internas e externas, bem como seus acabamentos, sistema estrutural, tipos de forro e pisos, e possíveis presenças de isolamentos nas paredes ou coberturas. Houve também a preocupação com a existência de sistemas construtivos mistos, ou seja, anexos ou acréscimos com materiais diferentes dos originais.

Os dados mencionados anteriormente, foram compilados em fichas objetivando: a identificação e os dados gerais do edifício como o uso atual, o horário de funcionamento, o ano de construção, o tipo de tombamento ou proteção legal, a caracterização básica do sistema de refrigeração e de ventilação; a caracterização da tipologia arquitetônica, identificação das fachadas, esquadrias; características construtivas como os sistemas de vedação, estruturais, coberturas e esquadrias da envoltória. O modelo da ficha utilizada está apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Modelo de ficha para levantamento de dados das edificações

1. IDENTIFICAÇÃO E DADOS GERAIS					FOTO DO EDIFÍCIO
1.1 IDENTIFICAÇÃO					
Nome da edificação	Tipo de uso	Subtipo de uso	Propriedade	Endereço	

(continua)



(conclusão)								
Ano da construção	Tombamento	Número de usuários fixos	Horários de funcionamento		Observações			
<b>1.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CONDICIONAMENTO</b>								
Sistema predominante	Tipo de sistema	Situação/Manutenção			Observações			
<b>2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA</b>								
<b>2.1 ESTILO E FORMA</b>								
Estilo arquitetônico				Forma				
<b>2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS</b>								
Área total construída	Número de pavimentos	Possui subsolo?						
<b>2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO</b>								
Número total de fachadas			Orientação da fachada principal					
Item	Fachada	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área de fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
<b>3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>								
<b>3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?</b>								
<b>3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)</b>								
Sistema estrutural	Paredes Internas		Paredes externas		Acabamento paredes internas	Acabamento paredes externas		
<b>3.3 COBERTURA (PREDOMINANTE)</b>								
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura		Número de águas		
<b>3.4 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)</b>								
Tipo de forro		Espessura da laje se houver (m)		Isolamento		Tipos de piso		
<b>3.5 ESQUADRIAS DA ENVOLTÓRIA</b>								
Item	Fachadas em que se repete		Área da esquadria (m <sup>2</sup> )		Tipo de abertura		Materiais	

Fonte: a autora (2020).

### 3.3.1 Propriedades térmicas dos métodos e materiais construtivos

Após a identificação dos métodos construtivos, foi necessário obter as propriedades térmicas dos materiais para análise da influência sobre o desempenho energético das edificações. Constatou-se que, os parâmetros para etiquetagem de eficiência energética da envoltória, abordados no RTQ-C e na INI-C, são: a absorvância das paredes e da cobertura ( $\alpha$ ), o fator solar (FS), a

transmitância das paredes e da cobertura (U), e a capacidade térmica das paredes ( $J/m^2K$ ).

A absorptância ( $\alpha$ ) solar, por vezes, está é associada diretamente com a cor da superfície, e apesar dessa simplificação ser entendida como não confiável por alguns autores, devido à subjetividade da percepção das cores por cada observador, é aceita por normativas nacionais e internacionais como a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE, 2014) e a NBR 15220:3 (2005) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

A relação da absorptância com as cores foi adotada na pesquisa, e seus valores obtidos com o uso da tabela de absorptância solar das superfícies opacas, presente no Catálogo de Propriedades Térmicas, que apresenta valores variando de forma crescente à medida que as cores escurecem (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013).

O fator solar foi considerado de acordo com as características encontradas nos vidros das esquadrias dos edifícios, e os valores basearam-se na listagem de vidros presente no Catálogo de Propriedades Térmicas. A transmitância térmica das paredes e coberturas, assim como a capacidade térmica das paredes foram calculadas, pois se tratava de materiais e espessuras específicas. É possível encontrar composições de métodos construtivos no Catálogo de Propriedades Térmicas e em outras bibliografias, no entanto, para casos de técnicas históricas, foi necessário fazer os cálculos de acordo com o método proposto na NBR 15220:2 (2005).

Para a realização dos cálculos, foram utilizadas as propriedades dos materiais de acordo com a Tabela 1, elaborada a partir da NBR 15220:2 (2005).

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais presentes nas paredes e coberturas

(continua)			
<b>Materiais presentes nas paredes</b>			
<b>Material</b>	<b>Propriedades</b>		
	Condutividade (W/m.°C)	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (Kj/KgK)
Pedra (granito)	3	2300	0,84
Argamassa de cal	0,7	1200	0,84
Argamassa de cimento	1,15	2000	1
Terra	0,52	1700	0,84

(conclusão)			
Madeira	0,29	800	1,34
Tijolo cerâmico	0,9	1300	0,92
Materiais presentes nas coberturas			
Material	Propriedades		
	Condutividade (W/m.°C)	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Calor Específico (Kj/KgK)
Telha de barro	0,7	1000	0,92
Madeira	0,29	800	1,34
Concreto (laje)	1,75	2200	1

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2005).

### 3.4 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO PRESCRITIVO – RTQ-C

Com os dados do levantamento e as propriedades térmicas dos materiais e sistemas construtivos, foi possível realizar a etiquetagem da envoltória dos edifícios selecionados.

Após o levantamento dos dados necessários, a aplicação do método prescritivo para a etiquetagem da envoltória foi feita por meio de equações pré-determinadas no RTQ-C que determinam o Indicador de Consumo da Envoltória ( $IC_{env}$ ). Essas equações variam de acordo com as Zonas Bioclimáticas (ZBs), sendo que algumas equações, agrupam duas Zonas, por exemplo, a ZB8 onde está localizada a cidade de Vitória, possui as mesmas equações que a ZB6. Além disso, para cada zona ou conjunto de zonas, há uma equação para edifícios com área de projeção menor ou igual a 500m<sup>2</sup> e outra para maiores que 500m<sup>2</sup>.

Para a ZB8, a expressão utilizada para edifícios com áreas de projeção menor ou igual a 500m<sup>2</sup>, está indicada pela Equação 01, e para construções com áreas de projeção maiores que 500m<sup>2</sup>, pela Equação 02.

$$\text{Eq. 01} \quad IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718$$

$$\text{Eq. 02} \quad IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 5290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,8$$

Onde:

$IC_{env}$ : Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);

FA: Fator Altura (Área da projeção da cobertura / Área total);

FF: Fator de Forma (Área da envoltória / Volume total);

PAF<sub>T</sub>: Percentual de Abertura na Fachada Total (adimensional, para uso na equação);

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;

FS: Fator Solar.

É importante salientar que a utilização do Fator de Forma (FF) prevê algumas limitações. Para a Equação 01 o FF máximo deve ser 0,48, e para a Equação 02 o FF mínimo deve ser 0,17. Esses limites devem ser usados, caso o valor calculado não os atenda. Após encontrar o Indicador de Consumo da Envoltória (IC<sub>env</sub>), calculou-se o Indicador de Consumo Máximo (IC<sub>máxD</sub>), que representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D pois acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E; e o Indicador de Consumo Mínimo (IC<sub>mín</sub>), que representa o indicador mínimo para aquela volumetria. Ambos foram calculados por meio da mesma equação utilizada anteriormente, mantendo-se o FA e o FF, pois são fatores relacionados à volumetria da edificação, e substituindo-se alguns parâmetros, mostrados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Parâmetros para cálculo do IC<sub>máxD</sub> e do IC<sub>mín</sub>

	Parâmetros para o IC <sub>máxD</sub>	Parâmetros para o IC <sub>mín</sub>
PAF <sub>T</sub>	0,60	0,05
FS	0,61	0,87
AVS	0	0
AHS	0	0

Fonte: elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2013).

Os índices máximo e mínimo indicam o intervalo em que a edificação deve se inserir para obter a classificação. Para tanto, o intervalo divide-se em quatro partes (i), e cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E. A subdivisão *i* do intervalo foi calculada por meio da Equação 03.

$$\text{Eq. 03} \quad i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4}$$

Os resultados obtidos pelo  $i$ , possibilitaram o preenchimento da Tabela 3. Com os valores limites, fez-se a comparação do Índice de Consumo da Envoltória ( $IC_{env}$ ) com os intervalos da Tabela, identificando-se assim o nível de eficiência energética da edificação.

Tabela 3 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Mín.	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Limite Máx.	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2013).

Após a classificação da eficiência energética do edifício, avaliou se a edificação atendeu aos pré-requisitos limitadores para cada etiqueta, ou seja, mesmo que o edifício atingisse a etiqueta A, precisava atender a alguns critérios específicos, caso contrário ficou limitado a uma etiqueta que indica menor eficiência. Os pré-requisitos para a ZB8 são:

#### Nível A

- **Transmitância térmica da cobertura:** para as ZBs 3 a 8 não deve ser maior que  $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  para ambientes condicionados artificialmente, e de  $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ , para ambientes não condicionados;
- **Transmitância térmica das paredes externas:** para as ZBs 7 e 8 não deve ser maior que  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , para paredes com capacidade térmica máxima de  $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ , e  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  para paredes com capacidade térmica superior a  $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ;
- **Cores e absortâncias de superfícies:** para as ZBs 2 a 8 as paredes externas não devem ter absortância maior que 0,50 e para a cobertura o máximo é de 0,50.
- **Iluminação Zenital:** o fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos Percentual de Abertura Zenital (PAZ) deve atender a Tabela 4. Para edificações com PAZ maior que 5%, pretendendo alcançar classificação A, deve-se utilizar simulação computacional.

Tabela 4 - Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2013).

### Nível B

- **Transmitância térmica da cobertura:** para as ZBs 3 a 8 não deve ser maior que 1,50 W/m<sup>2</sup>K para ambientes condicionados artificialmente, e de 2,00 W/m<sup>2</sup>K para ambientes não condicionados;
- **Transmitância térmica das paredes externas:** para as ZBs 7 e 8 não deve ser maior que 2,5 W/m<sup>2</sup>K, para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K, e 3,7 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m<sup>2</sup>K;
- **Cores e absorvâncias de superfícies:** para as ZBs 2 a 8 a cobertura não deve ter absorvância maior que 0,50;
- **Iluminação Zenital:** o fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ deve atender a Tabela 4. Para edificações com PAZ maior que 5%, pretendendo alcançar classificação A, deve-se utilizar simulação computacional.

### Níveis C e D

- **Transmitância térmica da cobertura:** não deve ser maior que 2,00 W/m<sup>2</sup>K para qualquer ambiente e zona térmica;
- **Transmitância térmica das paredes externas:** para as ZBs 7 e 8 não deve ser maior que 2,5 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K, e 3,7 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m<sup>2</sup>K;

A Tabela 5 resume os pré-requisitos mencionados anteriormente.

Tabela 5 – Pré-requisitos para os níveis de eficiência – RTQ-C

(continua)			
Nível de eficiência	Transmitância Térmica das paredes e coberturas	Cores e absorvância das superfícies	Iluminação Zenital
A	X	X	X
B	X	X	X
C	X		

(conclusão)				
D	X			
<b>Transmitância térmica máxima da cobertura</b>				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Ambientes condicionados artificialmente	Ambientes não condicionados	
A	8	1,0 W/m²K	2,0 W/m²K	
B	8	1,5 W/m²K	2,0 W/m²K	
C e D		2,0 W/m²K		
<b>Transmitância térmica máxima das paredes externas</b>				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Capacidade térmica máxima de 80 kJ/m²K	Capacidade térmica superior a 80 kJ/m²K	
A	8	2,5 W/m²K	3,7 W/m²K	
B				
C e D				
<b>Cores e absorvâncias máximas de superfícies</b>				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Paredes externas	Coberturas	
A	8	<0,50	<0,50	
B		-	<0,50	
<b>Iluminação Zenital (Níveis de Eficiência A e B; para a ZB8)</b>				
PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Tecnologia - INMETRO (2013).

Após a aplicação do procedimento descrito anteriormente para cada uma das edificações selecionadas, foi realizada a conferência dos resultados, utilizando-se a plataforma digital WebPrescritivo (Figura 10), que é um serviço *web* para a avaliação de eficiência energética que simula a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pelo método prescritivo para edifícios comerciais, de serviços e públicos, disponibilizado no site do LabEEE (FONSECA et al., 2016). Por meio desta ferramenta é possível calcular a etiqueta geral e as parciais.

Figura 10 – Interface da plataforma WebPrescritivo

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE (2019).

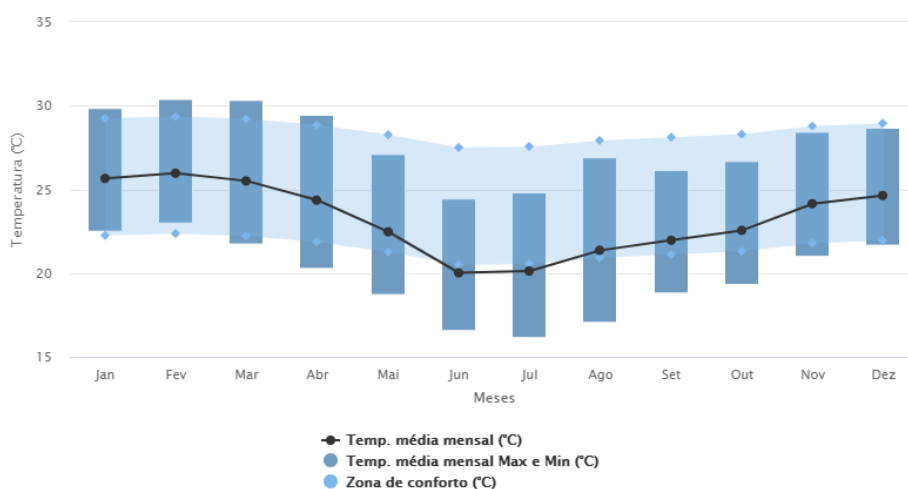
### 3.5 CRIAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS MODELOS VIRTUAIS DOS EDIFÍCIOS

Para esta etapa foi adotado o *software* de simulação computacional *DesignBuilder*, versão 3.4.0.401, disponível no Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Este programa foi escolhido por apresentar interface de modelagem gráfica mais amigável e por gerar os dados de saída em planilhas, que facilitam a compreensão e tabulação dos resultados. Além disso, possui banco de dados de materiais incorporado, e cumpre a exigência do RTQ-C e da INI-C, de possibilitar a simulação de todas as 8760 horas do ano. A modelagem das edificações definidas no recorte, foi realizada por meio das informações levantadas na etapa de coleta de dados.

Dentre os dados de entrada necessários para as simulações está a compilação de variáveis climáticas da cidade de Vitória, como os valores das temperaturas médias mensais externas. Essa etapa foi feita por meio da inserção do arquivo climático EPW (*Energy Plus Weather Data*) de Vitória, referente ao período de 2002 a 2012, disponível para *download* no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE).

Vitória, localizada na região Sudeste (20°19'09'S e 40°20'50'W) é a capital do estado do Espírito Santo e possui a maior temperatura média de 25,96°C em fevereiro e a menor em junho de 20,01°C, como se pode observar no Gráfico 1 (PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES, 2019).

Gráfico 1 - Temperatura média mensal e zona de conforto para Vitória com base no arquivo climático INMET 2016

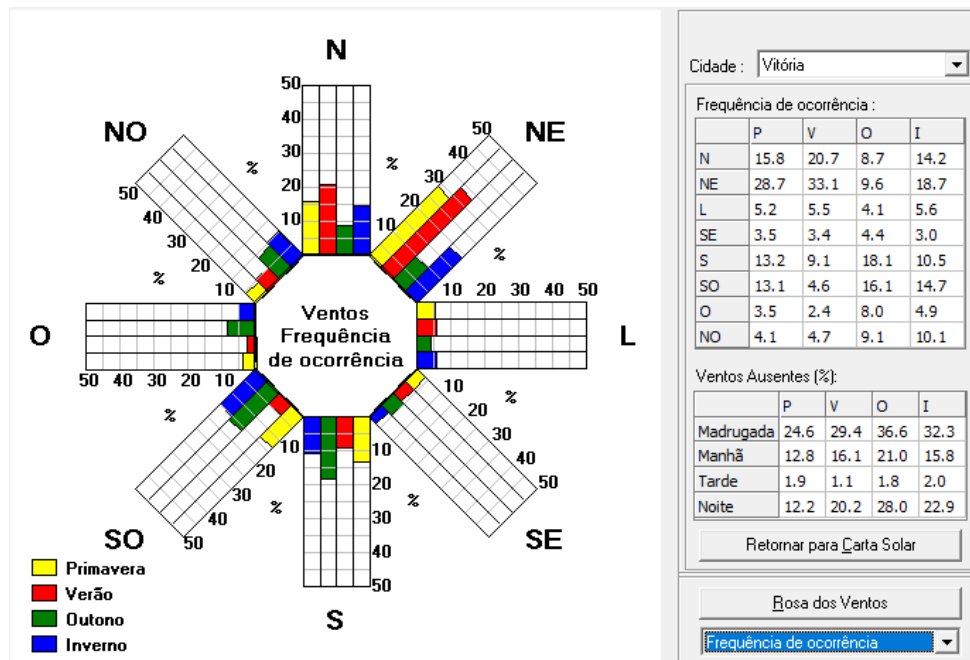


Fonte: Projetando Edificações Energeticamente Eficientes - PROJETEEE (2019).



A maior frequência de incidência de ventos para cidade de Vitória ocorre nas direções Nordeste e Norte, sendo a maior parte predominante nas estações do Verão e Primavera, majoritariamente no período da tarde (Figura 11).

Figura 11 – Frequência de ocorrência de ventos na cidade de Vitória



O processo de modelagem foi realizado por meio dos dados projetuais levantados, onde buscou-se maior aproximação possível com a volumetria real dos edifícios. Após a modelagem iniciou-se o processo de configuração dos dados de entrada. A orientação solar utilizada foi a real. Para as características referentes às atividades exercidas pelos usuários, bem como o fator de metabolismo e o uso de equipamentos, foi considerada a rotina de ocupação de cada edifício, conforme a Tabela 6. Para os ganhos com iluminação e condicionamento de ar, foram utilizados os valores propostos na INI-C, indicados para os casos em que é feita apenas a análise da envoltória.

Tabela 6 – Dados de entrada de ocupação, características e ganhos térmicos

(continua)		
Nome do edifício		
Ocupação	Uso	Fonte
Horário de funcionamento	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana <sup>1</sup>	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
<b>Parâmetros Humanos</b>		
Metabolismo – trabalho leve <sup>2</sup>	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Referente à edificação	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>

(conclusão)		
<b>Iluminação e ganhos<sup>3</sup></b>		
DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	Referente à edificação	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	Referente à edificação	
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)<sup>3</sup></b>		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Referente à edificação	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	Referente à edificação	
<sup>1</sup> considerou-se os dias que há visitação ao público; <sup>2</sup> considerou-se metade homens e metade mulheres; <sup>3</sup> utilizou-se os parâmetros das Tabelas A.2 e A.8 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações educacionais e para edificações não descritas anteriormente, respectivamente).		

Fonte: a autora, com base nas referências da coluna à direita (2019).

Em relação aos dados construtivos das edificações, foram consideradas as variáveis relacionadas às superfícies opacas como paredes, pisos e coberturas, sendo que foram configuradas as propriedades térmicas a cada superfície separadamente (aba *surface* do *DesignBuilder*), de acordo com os métodos construtivos e as espessuras encontradas em projeto, e com os cálculos das propriedades térmicas realizados na etapa três da metodologia, assim como para os materiais dos entrepisos e os forros. Apesar dos parâmetros de etiquetagem considerarem apenas a envoltória, foram modeladas e configuradas as paredes externas e internas para a obtenção dos modelos.

No que se refere às esquadrias, cada uma foi configurada separadamente, de acordo com as divisórias e áreas envidraçadas. A configuração dos parâmetros de operacionalização das aberturas também foi feita em separado, pois dependendo de cada ambiente foi necessário avaliar o uso da esquadria, além da presença ou não de climatização artificial.

### 3.6 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS

A calibração dos modelos corresponde ao processo de ajuste fino da modelagem e dos dados de entrada da simulação, para que os consumos de energia observados, coincidam com aqueles previstos pelo programa de simulação. Apesar da INI-C não exigir calibração dos modelos para validação, julgou-se necessária esta etapa para que os dados tivessem maior confiabilidade, visto que o objetivo deste trabalho foi propor novos parâmetros.

As calibrações dos modelos foram realizadas considerando as faturas de energia mensais do ano de 2018, levantadas junto aos administradores dos edifícios.

Para este procedimento, foram utilizados os chamados “índices de incerteza”, que são métodos para confirmar o grau de confiança nos resultados. Dentre eles, alguns dos mais utilizados são o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE) e o *Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error* CV(RMSE), que foram escolhidos para utilização neste trabalho, e já adotados em outros referenciais, como os de Saleh (2015), Tulsyan *et al.* (2013) e Bhatia, Mathur e Garg (2011).

O *Normalized Mean Bias Error* (NMBE) trata-se de uma normalização do índice *Mean Bias Error* (MBE) que corresponde à média dos erros em um espaço amostral. O NMBE dimensiona os dados de MBE e os torna comparáveis, porém não é recomendado que sua utilização seja feita isoladamente, pois esse índice está sujeito a erros de cancelamento. Por isso, de acordo com recomendações da *American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE), do *International Performance Measurement & Verification Protocol* (IPMVP) e do *Federal Energy Management Program* (FEMP) pertencente ao Departamento de Energia do governo dos Estados Unidos, deve ser utilizado junto com o *Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error* CV(RMSE), que dimensiona a variabilidade dos erros entre os valores simulados e medidos e não está sujeito a erros de cancelamento (RUIZ; BANDERA, 2017).

O NMBE e o CV(RMSE) são calculados por meio das equações 04 e 05, respectivamente, que relacionam os valores medidos aos dados de saída simulados. Nestas expressões a variável  $\bar{m}$  corresponde à média dos valores medidos;  $p$  é o número de parâmetros de modelos ajustáveis, que para fins de calibração deve ser igual a zero;  $m_i$  são os valores medidos;  $s_i$  os simulados e  $n$  a quantidade de dados medidos (RUIZ; BANDERA, 2017).

$$\text{Eq. 04} \quad NMBE = \frac{1}{\bar{m}} \times \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{n - p} \times 100 (\%)$$

$$\text{Eq. 05} \quad CV (RMSE) = \frac{1}{\bar{m}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)^2}{n - p}} \times 100 (\%)$$

Para verificação dos resultados da calibração, os valores obtidos por meio dos cálculos devem ser comparados aos critérios mensais estabelecidos pela ASHRAE, IPMVP e FEMP, apresentados na Tabela 7 (RUIZ; BANDERA, 2017).

Tabela 7 – Critérios de calibração de acordo com a ASHRAE, IPMVP e FEMP

Tipo de dado	Índice	Critério FEMP	Critério ASHRAE	Critério IPMVP
Mensal	NMBE	+/-5%	+/-5%	+/-20%
	CV(RMSE)	15%	15%	-

Fonte: American Society of Heating, ventilating, and air conditioning Engineers - ASHRAE (2014); Efficiency Valuation Organization (2012); Webster *et al.* (2015).

De acordo com Westphal e Lamberts (2005), é possível elencar os parâmetros de entrada mais influentes nas trocas de calor, do maior até o de menor influência, apresentados no Quadro 4. Na medida em que os dados de saída apresentavam divergências em relação aos medidos, de acordo com os índices de incerteza, foram feitos ajustes nesses parâmetros de entrada até chegar ao modelo calibrado para cada edifício.

Quadro 4 – Parâmetros mais influentes no fluxo de calor e dados de entrada

Parâmetros	Dados de entrada
Janelas	Dimensões da janela Espessura do vidro Transmitância e absorvância do vidro Proteção solar externa
Paredes	Dimensões/ orientação solar Transmitância Capacidade térmica Absorvância
Cobertura	Dimensões Inclinação Transmitância Capacidade térmica Absorvância
Piso	Dimensões Subsolo Transmitância Capacidade Térmica
Equipamentos	Potência Padrões de uso
Iluminação	Potência Padrões de uso
Ocupação	Quantidade Taxas metabólicas Padrões de uso
Infiltração de ar	Taxas de infiltração

Fonte: Westphal; Lamberts (2005).

### 3.7 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO – INI-C

A INI-C propõe dois métodos para a etiquetagem de edificações: o simplificado e o de simulação. Para utilizar o primeiro, é necessário atender a uma série de parâmetros, mostrados na Tabela 8. No entanto, dificilmente será possível a

utilização desse método para edifícios históricos, que possuem paredes externas de elevadas capacidades térmicas, devido às grandes espessuras, a maior parte das vezes superiores aos 450 kJ/m<sup>2</sup>K máximos, além de volumetrias diferenciadas, casos em que é recomendada a utilização do método de simulação.

Tabela 8 - Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância solar da cobertura ( $\alpha$ )	0,2	0,8
Absortância solar da parede ( $\alpha$ )	0,2	0,8
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m <sup>2</sup> K	450 kJ/m <sup>2</sup> K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m <sup>2</sup> K	450 kJ/m <sup>2</sup> K
Contato com o solo	Sem contato (Ex.: sobre pilotis ou em balanço)	Em contato
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m <sup>2</sup>	40 W/m <sup>2</sup>
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m <sup>2</sup> K	5,07 W/m <sup>2</sup> K
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m <sup>2</sup> K	4,40 W/m <sup>2</sup> K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m <sup>2</sup>	5,7 W/m <sup>2</sup>

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

Desta forma, o método de simulação foi utilizado considerando que as características são mais bem definidas quando se faz o uso de simuladores, permitindo avaliar elementos relevantes dos sistemas reais com um grau aceitável de precisão, considerando o desempenho ambiental obtido em tempo reduzido (HENSEN et al., 2002).

O processo de etiquetagem da envoltória, que prevê a simulação de dois modelos: o real, referente aos modelos virtuais calibrados utilizando-se as características reais da edificação, e o de referência, configurado com a mesma modelagem do real, substituindo-se alguns dados de entrada, pelos parâmetros dos modelos de referência do Anexo A da INI-C, selecionados de acordo com o uso. Foram as tabelas A.8 referente a edificações não descritas anteriormente (Tabela 9), e A.2 referente a edificações educacionais (Tabela 10).

Tabela 9 - Valores de referência para edificações que possuem tipologia não descrita anteriormente

Uso típico	Edificações não descritas nas condições de referência	
	Condição real	Condição de referência
<b>Geometria</b>		
Forma		Condição real
Orientação solar (°)		Condição real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição real
<b>Aberturas</b>		
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	60
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0
<b>Componentes construtivos</b>		
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)
Upar - Transmitância da parede externa (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	2,39
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição real	150
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição real	233
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m <sup>2</sup> K)	Condição real	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real
<b>Iluminação e ganhos</b>		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> ) **	Condição real	15***
Ocupação (m <sup>2</sup> /pessoa)		10,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )		12,00
Horas de ocupação (horas)		12
Dias de ocupação (N <sub>ano</sub> )****		300
Condição do piso		Condição real
Condição da cobertura		Condição real
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura setpoint (°C)		24,0
<b>Aquecimento de Água*****</b>		

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

Tabela 10 - Valores de referência para edificações educacionais

Uso típico	Edificações educacionais			
	Condição real	Condição de referência		
		Educação infantil	Ensino fundamental e médio	Ensino superior
<b>Geometria</b>				
Forma	Condição real			
Orientação solar (°)	Condição real			
Pê-direito (piso a teto) (m)	Condição real			
<b>Aberturas</b>				
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	40		
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0		
<b>Componentes construtivos</b>				
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)		
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)	Condição real	2,39		
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5		
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)	Condição real	150		
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)		
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)	Condição real	2,06		
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8		
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)	Condição real	233		
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm		
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82		
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)	Condição real	5,7		
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0		
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0		
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real		
<b>Iluminação e ganhos</b>				
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m²) **	Condição real	15,5***		
Ocupação (m²/pessoa)	Condição de referência	2,5	1,5	1,5
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	Condição de referência	15,0	9,7	9,7
Horas de ocupação (horas)	8			
Dias de ocupação (N <sub>ano</sub> )****	200			
Condição do piso	Condição real			
Condição da cobertura	Condição real			
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento		
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>				
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60		
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24,0			
<b>Aquecimento de água*****</b>				

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

A avaliação da envoltória foi efetuada com base na carga térmica total anual do edifício, na condição real e na de referência, obtida por meio das simulações. Após esse passo, calculou-se o Fator de Forma (FF) do edifício, assim como no método prescritivo do RTQ-C. No entanto, diferentemente do Regulamento, que utiliza as Zonas Bioclimáticas propostas na NBR 15220:3 (2005), a INI-C utiliza o novo zoneamento bioclimático brasileiro, que divide o país em 24 grupos climáticos (GC) e coloca Vitória no GC 13. Além disso, o RTQ-C prevê

limitações para o fator de forma de acordo com a área de projeção da envoltória, o que não acontece na INI-C.

A partir do cálculo do FF e da obtenção do GC, encontrou-se o Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ), por meio de tabelas definidas pelo tipo de uso do edifício. Foi utilizada a Tabela para edificações não descritas anteriormente (Tabela 11), e a tabela para edificações educacionais (Tabela 12).

Tabela 11 - Edificações não descritas anteriormente: coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ) com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ )			
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$FF > 0,40$
GC 1- A	0,38	0,40	0,41	0,43
GC 1- B	0,31	0,34	0,35	0,36
GC 2	0,40	0,41	0,41	0,42
GC 3				
GC 4				
GC 5	0,31	0,33	0,35	0,36
GC 6				
GC 7	0,32	0,35	0,36	0,38
GC 8				
GC 9	0,31	0,33	0,34	0,36
GC 10	0,32	0,35	0,36	0,37
GC 11	0,26	0,29	0,30	0,31
GC 12				
GC 13	0,26	0,28	0,29	0,31
GC 14				
GC 15	0,25	0,27	0,28	0,29
GC 16				
GC 17	0,17	0,19	0,19	0,20
GC 18	0,17	0,18	0,19	0,20
GC 19	0,17	0,19	0,20	0,21
GC 20				
GC 21	0,20	0,22	0,23	0,24
GC 22				
GC 23	0,19	0,21	0,22	0,23
GC 24				

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).



Tabela 12 - Edificações educacionais: coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ) com base no fator de forma (FF) e grupo climático correspondente

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ )				
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$	$FF > 0,50$
GC 1- A	0,19	0,19	0,22	0,25	0,27
GC 1- B	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19
GC 2	0,19	0,20	0,26	0,35	0,41
GC 3					
GC 4					
GC 5	0,15	0,15	0,17	0,18	0,19
GC 6					
GC 7	0,14	0,15	0,18	0,23	0,27
GC 8					
GC 9	0,14	0,15	0,17	0,19	0,21
GC 10	0,15	0,16	0,18	0,18	0,19
GC 11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14
GC 12					
GC 13	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14
GC 14					
GC 15	0,11	0,11	0,13	0,12	0,12
GC 16					
GC 17	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
GC 18	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
GC 19	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
GC 20					
GC 21	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
GC 22					
GC 23	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08
GC 24					

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

Com a obtenção do Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A ( $CRCgT_{D-A}$ ), foi possível calcular o coeficiente “i”, que corresponde ao intervalo dentro do qual a edificação será classificada, por meio da Equação 06.

$$\text{Eq. 06} \quad i = \frac{(CEP_{REF} - CRCEP_{D-A})}{3}$$

Onde:

i é o coeficiente que representa os intervalos entre as classes;

$CEP_{REF}$  é o consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência (kWh/ano);

$CRCEP_{D-A}$  é o coeficiente de redução do consumo de energia primária da classe D para a classe A.

Com os valores de  $i$ , obteve-se dados da Tabela 13, que possibilitou a comparação do consumo de energia primária da edificação ( $CEP_{REAL-D}$ ), identificando a classe de eficiência da edificação em avaliação.

Tabela 13 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Classe de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	$> CEP_{REF} - 3i$	$> CEP_{REF} - 2i$	$> CEP_{REF} - i$	$> CEP_{REF}$
Limite Inferior	$< CEP_{REF} - 3i$	$\leq CEP_{REF} - 2i$	$\leq CEP_{REF} - i$	$\leq CEP_{REF}$	-

Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

Após a determinação da eficiência energética das edificações seguindo-se o método proposto pela INI-C, realizou-se a proposta de parâmetros para etiquetagem utilizando métodos construtivos, especificamente para edifícios históricos, ou seja, com a criação de uma Tabela de modelos de referência que considerou os dados levantados, correspondentes a estes tipos de edificações. Posteriormente foi realizado um novo procedimento de etiquetagem, conforme os parâmetros propostos. As propostas foram feitas para a zona demarcada na tabela 14, que diz respeito aos itens relacionados à envoltória da edificação. Para os parâmetros de iluminação e ganhos, condicionamento, continuou-se adotando os valores propostos de acordo com o uso.

Tabela 14 – Itens levados em consideração na proposta de parâmetros para a análise energética de edificações históricas

Uso típico	Edificações educacionais			
	Condição real	Condição de referência		
		Educação infantil	Ensino fundamental e médio	Ensino superior
<b>Geometria</b>				
Forma	Condição real			
Orientação solar (°)	Condição real			
Pê-direito (piso a teto) (m)	Condição real			
<b>Aberturas</b>				
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	40		
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0		
<b>Componentes construtivos</b>				
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)		
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)	Condição real	2,39		
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição real	0,5		
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)	Condição real	150		
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)		
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)	Condição real	2,06		
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8		
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)	Condição real	233		
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 6mm		
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição real	0,82		
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)	Condição real	5,7		
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição real	0		
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição real	0		
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real		
<b>Iluminação e ganhos</b>				
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m²) **	Condição real	15,5***		
Ocupação (m²/pessoa)	Condição de referência	2,5	1,5	1,5
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	Condição de referência	15,0	9,7	9,7
Horas de ocupação (horas)	8			
Dias de ocupação (N <sub>no</sub> )****	200			
Condição do piso	Condição real			
Condição da cobertura	Condição real			
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento		
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>				
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60		
Temperatura setpoint (°C)	24,0			
<b>Aquecimento de água*****</b>				

Fonte: adaptado de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

### 3.8 PARÂMETROS PARA ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

Para a listagem dos parâmetros a serem propostos para a etiquetagem de edifícios históricos, foi necessário o entendimento do processo de estabelecimento dos parâmetros da INI-C, realizado a partir dos dados de De Vecchi (2019), Rupp *et al.* (2016) e Fonseca *et al.* (2016).

### 3.8.1 Parâmetros para os modelos de referência da INI-C

No processo de concepção das tabelas com os modelos de referência, os parâmetros considerados para a etiquetagem proposta pelo INI-C foram: forma, proporção geométrica, orientação solar ( $^{\circ}$ ), pé direito (m), número de pavimentos, área por pavimento ( $m^2$ ), área, ângulo de sombreamento horizontal (ASH), ângulo de sombreamento vertical (ASV), porcentagem de abertura de fachada (PAF), absorvância das paredes e da cobertura ( $\alpha$ ), transmitância das paredes e da cobertura (U), fator solar (FS), capacidade térmica das paredes ( $J/m^2K$ ), densidade de ocupação ( $m^2/pessoa$ ), densidade de potência em iluminação (DPI) e coeficiente de desempenho (COP) do sistema de ar-condicionado (DE VECCHI, 2019; FONSECA et al., 2016; RUPP et al., 2016).

Analisando-se as tabelas dos modelos de referência do INI-C, percebeu-se que a maior parte dos parâmetros relacionados à eficiência da envoltória são os mesmos, independentemente do tipo de uso, variando-se apenas a porcentagem de abertura de fachada (PAF), o que permite inferir que a maior parte dos edifícios comerciais, de serviço ou públicos considerados no levantamento, possuem métodos construtivos semelhantes e contemporâneos e que a única variação encontrada foi em relação à quantidade de área envidraçada das fachadas (Tabela 15).

Tabela 15 – Resumo dos parâmetros relacionados à envoltória nos modelos de referência

(continua)	
Uso típico	Parâmetros iguais entre os modelos de referência
	Geometria
	Forma   Condição real
	Orientação solar ( $^{\circ}$ )   Condição real
	Pé-direito ( piso a teto) (m)   Condição real
	Aberturas
	PAZ – Percentual de abertura zenital (%)   0
	Componentes Construtivos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritórios</li> <li>• Edificações Educacionais</li> <li>• Hospedagem</li> <li>• Hospitalar</li> <li>• Varejo – comércio</li> <li>• Varejo – mercado</li> <li>• Alimentação</li> <li>• Não descritos anteriormente</li> </ul>	Parede   Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)
	Upar - Transmitância da parede externa ( $W/m^2K$ )   2,39
	$\alpha$ PAR - Absortância da parede (adimensional)   0,5
	CTpar - Capacidade térmica da parede ( $kJ/m^2K$ )   150
	Cobertura   Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)

(conclusão)	
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m <sup>2</sup> K)	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m <sup>2</sup> K)	233
Vidro	Vidro simples incolor 6mm
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m <sup>2</sup> K)	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°)	Condição Real
Uso típico	Parâmetros diferentes entre modelos de referência
Escritórios	50
Edificações Educacionais	40
Hospedagem	45
Hospitalar	14
Varejo – comércio	60% na fachada principal, 5% nas demais
Varejo – mercado	60% na zona da fachada principal, 10% nas demais
Alimentação	40
Não descritos anteriormente	60

Fonte: elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

Para a iluminação e ganhos, condicionamento de ar e aquecimento de água, os parâmetros dos modelos de referência apresentam diferenças, ou seja, as eficiências desses sistemas possuem maior relação com o uso da edificação do que com a envoltória/métodos construtivos (Tabela 16). Por isso, nesta pesquisa, não foram feitas propostas de parâmetros para esses sistemas.

Tabela 16 – Resumo dos parâmetros relacionados aos sistemas de iluminação e ganhos, condicionamento de ar e aquecimento de água nos modelos de referência

(continua)		
Parâmetros de iluminação e ganhos, condicionamento de ar e aquecimento de água		
Uso típico	Iluminação e ganhos	
Escritórios	14,1	
Edificações Educacionais	Infantil	15,5
	Fundamental e Médio	
	Superior	
Hospedagem	Pequenos	15,7
	Médios e Grandes	
Hospitalar	Hospitais	15

		(continuação)	
Varejo – comércio		Clínicas	15
		Pequenas	21,7
		Grandes	18,3
		Shoppings	
Varejo – mercado		16,3	
Alimentação		13,9	
Não descritos anteriormente		15	
Escritórios		10,0	
Edificações Educacionais	Ocupação (m <sup>2</sup> /pessoa)	Infantil	2,5
		Fundamental e Médio	1,5
		Superior	
Hospedagem		Pequenos	16,1
		Médios e Grandes	20
Hospitalar		Hospitais	20
		Clínicas	5
Varejo – comércio		Pequenas	5,0
		Grandes	
		Shoppings	
Varejo – mercado		5,0	
Alimentação		5,0	
Não descritos anteriormente		10	
Escritórios		9,7	
Edificações Educacionais	DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	Infantil	15
		Fundamental e Médio	9,7
		Superior	
Hospedagem		Pequenos	12,5
		Médios e Grandes	
Hospitalar		Hospitais	32
		Clínicas	
Varejo – comércio		Pequenas	10,3
		Grandes	
		Shoppings	
Varejo – mercado		40	
Alimentação		40	
Não descritos anteriormente		12	
Escritórios		10	
Edificações Educacionais	Horas de ocupação (horas)	Infantil	8
		Fundamental e Médio	
		Superior	
Hospedagem		Pequenos	24
		Médios e Grandes	24
Hospitalar		Hospitais	24
		Clínicas	12
		Pequenas	12
Grandes			
Shoppings			
Varejo – mercado		12	
Alimentação		8	
Não descritos anteriormente		12	
Escritórios		260	

			(continuação)		
Edificações Educacionais	Dias de ocupação	Infantil	200		
		Fundamental e Médio			
		Superior			
Hospedagem			Pequenos	365	
			Médios e Grandes		
Hospitalar			Hospitais	365	
			Clínicas		
Varejo – comércio			Pequenas	300	
			Grandes		
			Shoppings		
Varejo – mercado			350		
Alimentação			350		
Não descritos anteriormente			300		
Escritórios	Condição do piso		Condição real		
Edificações Educacionais					
Hospedagem					
Hospitalar					
Varejo – comércio					
Varejo – mercado					
Alimentação					
Não descritos anteriormente					
Escritórios		Condição da cobertura			Condição real
Edificações Educacionais					
Hospedagem					
Hospitalar					
Varejo – comércio					
Varejo – mercado					
Alimentação					
Não descritos anteriormente					
Escritórios	Isolamento do piso			Sem isolamento	
Edificações Educacionais					
Hospedagem					
Hospitalar					
Varejo – comércio					
Varejo – mercado					
Alimentação					
Não descritos anteriormente					
<b>Uso típico</b>		<b>Condicionamento de ar (refrigeração)</b>			
Escritórios		COP - Coeficiente de performance (W/W)			2,60
Edificações Educacionais					
Hospedagem					
Hospitalar					
Varejo – comércio					
Varejo – mercado					
Alimentação					
Não descritos anteriormente					
Escritórios	Temperatura <i>setpoint</i> (°C)			24	
Edificações Educacionais					
Hospedagem					
Hospitalar					
Varejo – comércio					
Varejo – mercado					
Alimentação					
Não descritos anteriormente					
<b>Uso típico</b>		<b>Aquecimento de água</b>			

(continuação)			
Escritórios	Tipologias com consumo de água quente não significativo para a avaliação do sistema		
Edificações Educacionais			
Hospedagem	Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação	0,95	
	Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação	0,85	
	Temperatura de armazenamento	60 °C	
	Temperatura de uso de água quente	38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)	
	Temperatura de uso de água fria (°C)	Condição real	
	Perdas na tubulação – sistema de aquecimento de água sem acumulação	0	
	Perdas de armazenamento – sistema de aquecimento de água sem acumulação	0	
	Perdas da recirculação – sistema de aquecimento de água sem acumulação	0	
	Perdas na tubulação – sistema de aquecimento de água com acumulação	Isolamento de 5 mm	
	Perdas de armazenamento – sistema de aquecimento de água com acumulação	Condição real	
	Perdas da recirculação – sistema de aquecimento de água com acumulação	Condição real	
Hospitalar	Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação	Hospitais	0,95
		Clínicas	-
	Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação	Hospitais	0,85
		Clínicas	-
	Temperatura de armazenamento	Hospitais	60 °C
		Clínicas	-
	Temperatura de uso de água quente	Hospitais	38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)
		Clínicas	-
	Temperatura de uso de água fria (°C)	Hospitais	Condição real
		Clínicas	-
	Perdas na tubulação – sistema sem acumulação	Hospitais	0
		Clínicas	-
	Perdas de armazenamento – sistema sem acumulação	Hospitais	0
		Clínicas	-
Perdas da recirculação – sistema sem acumulação	Hospitais	0	
	Clínicas	-	



				(conclusão)
	Perdas na tubulação – sistema com acumulação	Hospitais	Isolamento de 5mm	
		Clínicas	-	
	Perdas de armazenamento – sistema com acumulação	Hospitais	Condição real	
		Clínicas	-	
	Perdas da recirculação – sistema com acumulação	Hospitais	Condição real	
		Clínicas	-	
Varejo – comércio	Tipologias com consumo de água quente não significativo para a avaliação do sistema			
Varejo – mercado				
Alimentação	Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação		0,95	
	Eficiência do sistema de aquecimento de água com acumulação		0,85	
	Temperatura de armazenamento		60 °C	
	Temperatura de uso de água quente (°C)		38 °C (norte e nordeste) 40 °C (demais regiões)	
	Temperatura de uso de água fria (°C)		Condição real	
	Perdas na tubulação – sistema sem acumulação		0	
	Perdas de armazenamento – sistema sem acumulação		0	
	Perdas da recirculação – sistema sem acumulação		0	
	Perdas na tubulação – sistema com acumulação		Isolamento de 5 mm	
	Perdas de armazenamento – sistema com acumulação		Condição real	
	Perdas da recirculação – sistema com acumulação		Condição real	
Não descritos anteriormente	Tipologia com consumo de água quente não significativo para a avaliação do sistema			

Fonte: Elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2018).

A aplicação da metodologia, diz respeito aos procedimentos de etiquetagem vigentes no RTQ-C, propostos na INI-C, e propostos nesta pesquisa para o aprimoramento da INI-C, considerando edifícios de valor histórico e cultural.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A organização dos resultados foi estruturada em seis etapas, com base na metodologia: a primeira contendo os resultados da seleção das edificações históricas de acordo com os critérios estabelecidos; a segunda com o levantamento de dados técnicos das edificações selecionadas; a terceira contendo a etiquetagem dos edifícios pelo método prescritivo do RTQ-C; a quarta com os resultados das calibrações dos modelos; a quinta contendo a etiquetagem pelo método de simulação proposto na INI-C; e a sexta com os parâmetros propostos para etiquetagem de edifícios históricos, assim como a sua aplicação.

### 4.1 SELEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A seleção das edificações iniciou-se a partir dos 42 bens tombados na cidade de Vitória, sendo 11 a nível municipal, 25 a nível estadual e 06 a nível federal, que foram submetidos ao processo de aplicação dos pré-requisitos, mostrado no Apêndice I. A partir da aplicação dos critérios, foram pré-selecionadas 07 edificações, cujos sistemas construtivos foram caracterizados, a fim de selecionar um edifício para cada método construtivo, com o objetivo de abranger todas as técnicas construtivas encontradas no âmbito da amostra considerada. Ao todo, foram identificados três métodos construtivos principais: a pedra e cal, o pau a pique/tabique e o tijolo cerâmico maciço, que resultaram em 4 edificações para o estudo.

#### 4.1.1 Caracterização das edificações selecionadas

Os edifícios definidos foram:

- Palácio Anchieta que possui uma mistura de métodos construtivos;
- Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Maria Ortiz (“EEEFM Maria Ortiz”) construída em tijolo cerâmico maciço;
- Sede da Superintendência Regional do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) no Espírito Santo, que apresenta a técnica do pau a pique; e
- Museu Solar Monjardim, que é em grande parte construído em pedra e cal.

#### 4.1.1.1 Palácio Anchieta

O Palácio Anchieta, localiza-se no Centro Histórico da cidade de Vitória, e atualmente é a sede do Governo do Estado do Espírito Santo. Possui tombamento a nível estadual (ESPÍRITO SANTO, 2009).

O edifício possui origem colonial jesuítica, com fundação em 1551 como uma pobre casa com telhado de palha, havendo relatos de que em 1553 já havia sido construída uma Igreja ao lado. Em 1559 sofreu um incêndio, quando se configurava como a Casa do padre Afonso Brás, a Igreja de São Tiago e o Colégio dos padres Jesuítas (CARVALHO, 1982).

No século XVIII, após a expulsão dos jesuítas pela Coroa Portuguesa e confisco do edifício pela mesma, esteve abandonado. Em 1796 passou por um incêndio, já sendo habitado pelo governo da capitania, sofrendo posteriormente, diversas reformas pequenas, mais internamente do que externamente, e tendo a Igreja de São Tiago sido denominada de “Capela Nacional” (CARVALHO, 1982).

Entre os anos de 1908 e 1912, durante o governo de Jerônimo Monteiro, o Palácio (Figura 12) passou por grandes modificações, sob orientação do engenheiro civil Justin Norbert, cujo projeto era substituir completamente o estilo jesuítico por elementos da arquitetura eclética, tanto estilística quanto estruturalmente, processo em que as paredes externas receberam um encamisamento em tijolos maciços, para regularização. Norbert também foi o responsável por propor a escadaria Bárbara Lindemberg (Figura 13), que liga a cidade Alta a Baixa, compõe o conjunto do Palácio e faz parte do projeto de reformulação e modernização do centro de Vitória, proposto no governo de Jerônimo Monteiro. No entanto, apenas em 1922, por ordem do presidente coronel Nestor Gomes foi autorizada a demolição da torre sineira da Igreja de São Tiago, completando o projeto traçado por Norbert (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Figura 12 – Palácio do Governo em 1909



Fonte: Arquivo Público Estadual (1912).

Figura 13 – Fachada Sul e Escadaria Bárbara Lindemberg



Fonte: Instituto Jones do Santos Neves (1977).

A partir de então o edifício passou por diversas reformas internas, como em 1935, quando teve grande parte de seu interior demolido e reconstruído em concreto armado, alterando sua configuração ambiental. Em 1945 recebeu o nome de Palácio Anchieta em homenagem ao padre jesuíta José de Anchieta. E em 1983, recebeu tombamento estadual pelo Conselho Estadual de Cultura - CEC. Entre 2004 e 2009, passou pela última grande reforma que teve como objetivo a sua restauração (Figura 14).

Figura 14 – Estado do Palácio Anchieta após a reforma em 2009



Fonte: Espírito Santo (2009).

#### 4.1.1.2 EEEFM Maria Ortiz

A Escola Maria Ortiz localiza-se no Centro de Vitória, ao lado do Palácio Anchieta (Figura 15). Sua construção originou-se da doação de terrenos em 1872 e 1873 pelo comendador José da Silva Cabral, para a construção de um liceu, o Ateneu Provincial, inaugurado em 1892 (ESPÍRITO SANTO, 1992). Além disso, o mesmo comendador forneceu dinheiro e mão de obra escrava para a construção do edifício, que possuía volumetria prismática de base retangular (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Figura 15 – Parte das Fachadas Oeste da Escola Maria Ortiz e do Palácio Anchieta



Fonte: Espírito Santo (2009).



Em 1908, no governo de Jerônimo Monteiro, passou por reforma, adquirindo nova roupagem eclética, o que estava inserido no conjunto de iniciativas embelezadoras promovidas pelo governo. Foi então denominada “Escola Normal e Anexos”. Em 1912, sob orientação do engenheiro Justin Norbert, sofreu nova reforma, tendo sido ampliada, com o prolongamento de duas alas ao prédio original, sendo uma em linha reta e outra enviesada. A partir de então, as reformas não modificaram a estrutura externa do edifício (Figura 16). Em 1925, recebeu o nome de Escola Normal “Pedro II” (ESPÍRITO SANTO, 1992).

Figura 16 – Fachada Principal (Leste) da “EEEFM Maria Ortiz”



Fonte: Espírito Santo (2009).

A atual denominação da escola originou-se em 1936, no Ginásio Estadual Maria Ortiz, que funcionava anexo a Escola Normal “Pedro II”, e onde eram ofertados cursos para professores primários. Até que em 1971, todo o edifício recebeu o nome de Escola de Primeiro Grau Maria Ortiz. Entre 1978 e 1979 recebeu obras de restauro para a fundação de uma Casa de Cultura, o que não se efetivou. Em 1983, recebeu tombamento estadual pelo Conselho Estadual de Cultura - CEC. Nos anos de 1994 e 1998 passou por novas reformas, sofrendo alterações internas, e mantendo-se até os dias atuais com o uso escolar (ESPÍRITO SANTO, 2009).

#### 4.1.1.3 Sede da Superintendência Regional do IPHAN-ES

A sede da Superintendência Regional do IPHAN no Espírito Santo, localiza-se em uma das duas residências tombadas a nível federal na rua José Marcelino,

Centro de Vitória: a casa de número 203. O sobrado situa-se na parte alta da cidade, e é um dos únicos exemplares da arquitetura colonial residencial na cidade de Vitória, não se podendo precisar sua data de construção, sabendo-se apenas que se trata de algum ano anterior a 1875 (ESPÍRITO SANTO, 2009).

O edifício ocupa a totalidade dos lotes em que se insere, e apresenta diferentes níveis, de acordo com a topografia do terreno. Seu valor histórico dá-se pela fachada voltada para a rua José Marcelino, que apesar de ter sido modificada, ainda possui elementos originais como algumas esquadrias e o método construtivo original: o pau-a-pique. Durante os anos seu uso foi principalmente residencial, no entanto, já abrigou a escola Amâncio Pereira, e há registros de que tenha sido utilizada para fins comerciais ou mistos, o que explica a suas modificações internas (ESPÍRITO SANTO, 2009).

O edifício original foi tombado pelo IPHAN em 1967, e foi adquirido pelo mesmo Instituto em 2006, quando passou a abrigar a sua sede regional no ES, entretanto, não foram feitas alterações para recebê-lo. Passou por um grande processo de restauração a partir de 2011 (Figura 17), acompanhado de projetos complementares como o de Proteção contra Incêndio e Pânico, sem, contudo, alterá-lo drasticamente (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2011). Em 2017, foi finalizada a construção de um edifício anexo nos fundos do edifício original, onde havia um pátio (Figura 18), a fim de acomodar algumas das instalações do IPHAN-ES. As edificações interligam-se por meio de passarelas de vidro, e o anexo possui métodos construtivos modernos, como o concreto armado na estrutura e paredes em tijolo cerâmico furado (Figura 19).

Figura 17 – Antes e depois da restauração de 2011: Fachada Principal (Sul)



Fonte: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN (2011); Acervo da pesquisa (2019).

Figura 18 – Pátio Interno antes da construção do Anexo



Fonte: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN (2011).

Figura 19 – Fachada do Anexo e Passarelas de ligação entre os dois edifícios



Fonte: Acervo da Pesquisa (2019).



#### 4.1.1.4 Museu Solar Monjardim

O Museu Solar Monjardim teve sua construção iniciada no ano de 1780, com conclusão no início do século XIX, como a casa-sede da fazenda Jucutuquara, pertencente ao capitão-mor Francisco Homem Pinto de Azevedo. É o único remanescente da arquitetura colonial rural no Espírito Santo. Situa-se em um terreno elevado, servindo como ponto de referência para viajantes na época do Brasil Colônia (ESPÍRITO SANTO, 2009).

A edificação foi transferida como pagamento do dote de casamento da filha do capitão-mor Francisco Homem Pinto de Azevedo para o filho do capitão-mor governador Inácio João Monjardim, no século XX, permanecendo com uso residencial até se tornar o Museu Capixaba, alugado e administrado pelo Governo do Estado. Foi o primeiro edifício do Espírito Santo a ser tombado a nível federal, em 1940 (ESPÍRITO SANTO, 2009).

A partir de 1964, de posse da Universidade Federal do Espírito Santo, abrigou o Museu de Arte e História, e em 1978 tornou-se o Museu Solar Monjardim. Posteriormente, passou a abrigar a sede do IPHAN no Espírito Santo. E após a transferência do Instituto para a Casa da Rua José Marcelino, 203, continuou com sua função de Museu, passando em 2009 a fazer parte do Instituto Brasileiro de Museus - IBRAM, autarquia federal responsável por sua administração (Figuras 20 e 21). Sofreu diversas intervenções durante os anos, sendo a principal delas a substituição de parte de suas paredes de pau-a-pique para tijolos cerâmicos maciços no primeiro pavimento, mantendo-se o térreo em pedra e cal (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Figura 20 – Fachada Norte



Fonte: Acervo da Pesquisa (2019).

Figura 21 – Subida para o Edifício: Fachada Sul



Fonte: Acervo da Pesquisa (2019).

#### 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS

Na etapa de levantamento de dados técnicos das edificações, observou-se que não há um local que centralize os dados dessas edificações, estando cada uma delas sob responsabilidade de um local ou órgão, o que sugere a necessidade de um trabalho de reunião dos itens referentes aos prédios históricos na cidade de Vitória, de forma a facilitar a pesquisa dos dados das edificações.

No Palácio Anchieta a autorização para visita e os dados necessários foram disponibilizados pela Gerência de Patrimônio, que se localiza dentro do edifício. Na Escola Maria Ortiz a visita foi permitida pela Secretaria de Estado da Educação – SEDU, que disponibilizou também as faturas de energia. Já os dados projetuais foram cedidos pelo Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo – IOPES.

A visita na sede do IPHAN foi concedida pela Superintendência do Instituto, assim como o acesso às faturas de energia e os dados projetuais. Alguns itens adicionais foram obtidos junto a Secretaria de Desenvolvimento da Cidade – SEDEC. No Museu Solar Monjardim, a visita foi autorizada pela direção do museu, assim como o acesso aos dados projetuais e às faturas de energia. Alguns dados referentes a esse edifício também foram encontrados no IPHAN.

As fichas preenchidas para cada edifício encontram-se no Apêndice II. No que se refere aos métodos construtivos majoritariamente encontrados nas vedações das edificações, foram: a pedra e cal, o pau a pique/tabique e o tijolo cerâmico maciço. A pedra e cal estiveram presentes no Palácio Anchieta e no Museu Solar

Monjardim. O pau a pique/tabique no Museu Solar Monjardim e no IPHAN e o tijolo cerâmico maciço, nas quatro edificações.

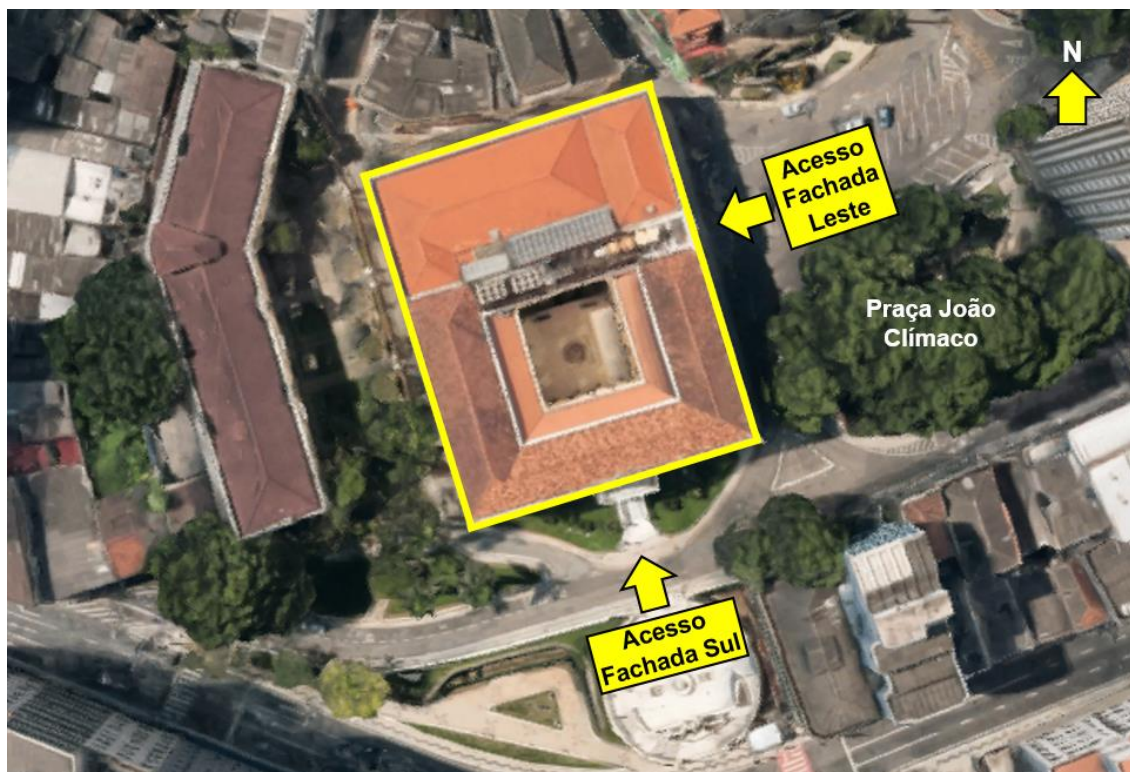
É importante ressaltar que todas as edificações apresentam métodos construtivos contemporâneos, como o tijolo cerâmico furado e o de concreto, principalmente para divisão de ambientes. No entanto, na envoltória que é o foco do estudo, a maior parte continua sendo de técnicas consideradas históricas.

#### 4.2.1 Caracterização e técnicas construtivas dos edifícios

##### a) Palácio Anchieta

O Palácio Anchieta possui forma retangular, com um pátio central que favorece a ventilação cruzada e a iluminação natural, sendo que seus níveis tomam partido da topografia local e, apesar da entrada principal estar voltada para a Baía de Vitória na fachada Sul, a entrada comumente utilizada está voltada para a Praça João Clímaco, na fachada Leste (Figura 22).

Figura 22 – Vista superior do Palácio Anchieta



Fonte: adaptado de Google Maps (2019).

Sua construção aconteceu em diversos períodos, e devido a isso seus métodos construtivos apresentam variações (Figura 23). Inicialmente, até o final do século



XVI, foi construído sobre paredes de pedra, argamassadas com cal de conchas (Figura 24) e parte de suas vedações iniciais eram de taipa (BERNARDI, 2012). No entanto, após as sucessivas reformas, o tijolo cerâmico foi sendo introduzido à sua construção, muitas vezes para a regularização e substituição das paredes, encamisando-as, principalmente após a intervenção de Justin Norbert (Figura 25).

Figura 23 – Evolução histórica da construção do Palácio Anchieta



Fonte: Dias (2014).

Figura 24 – Paredes de pedra e cal



Fonte: Acervo da pesquisa (2019).

Figura 25 – Pedra e cal e tijolos maciços coloniais

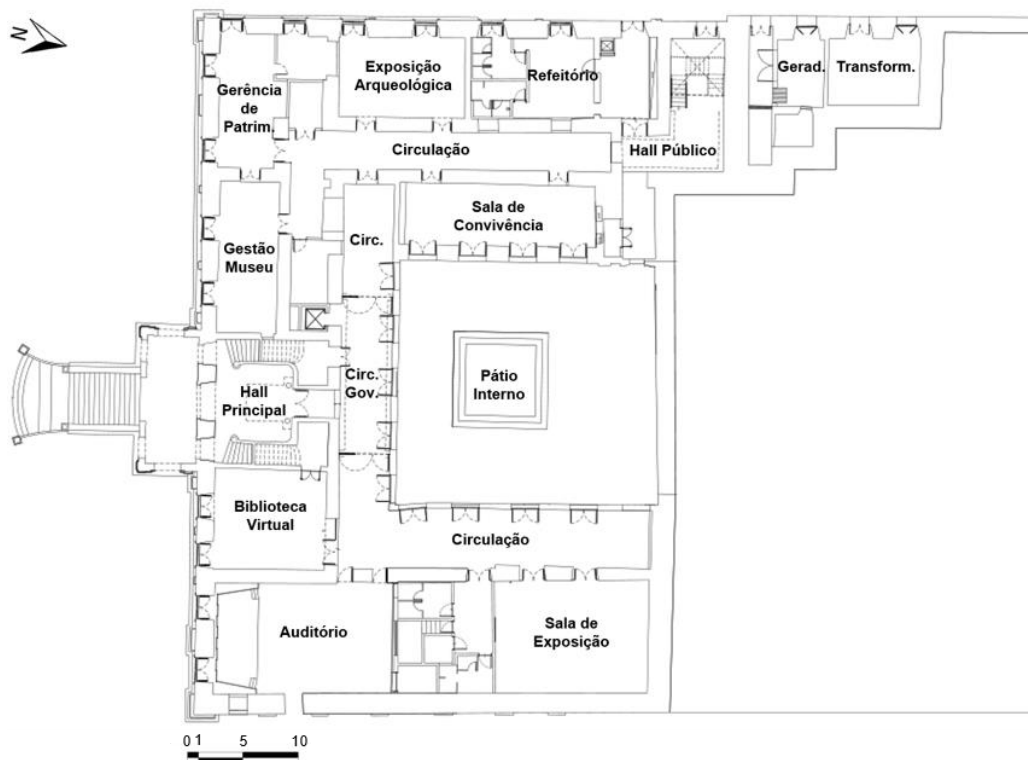


Fonte: Pedrini (2019).

O Palácio possui envoltória com paredes de pedra e cal com espessuras que variam de 69 a 150cm, e paredes de taipa/tijolos cerâmicos maciços com espessuras de 30 a 193cm, com grande massa térmica. Suas janelas estão dispostas de modo a favorecer a ventilação natural, característica comum aos

edifícios históricos. No pavimento térreo estão localizadas principalmente salas relativas ao museu, e também algumas funções de serviço (Figura 26).

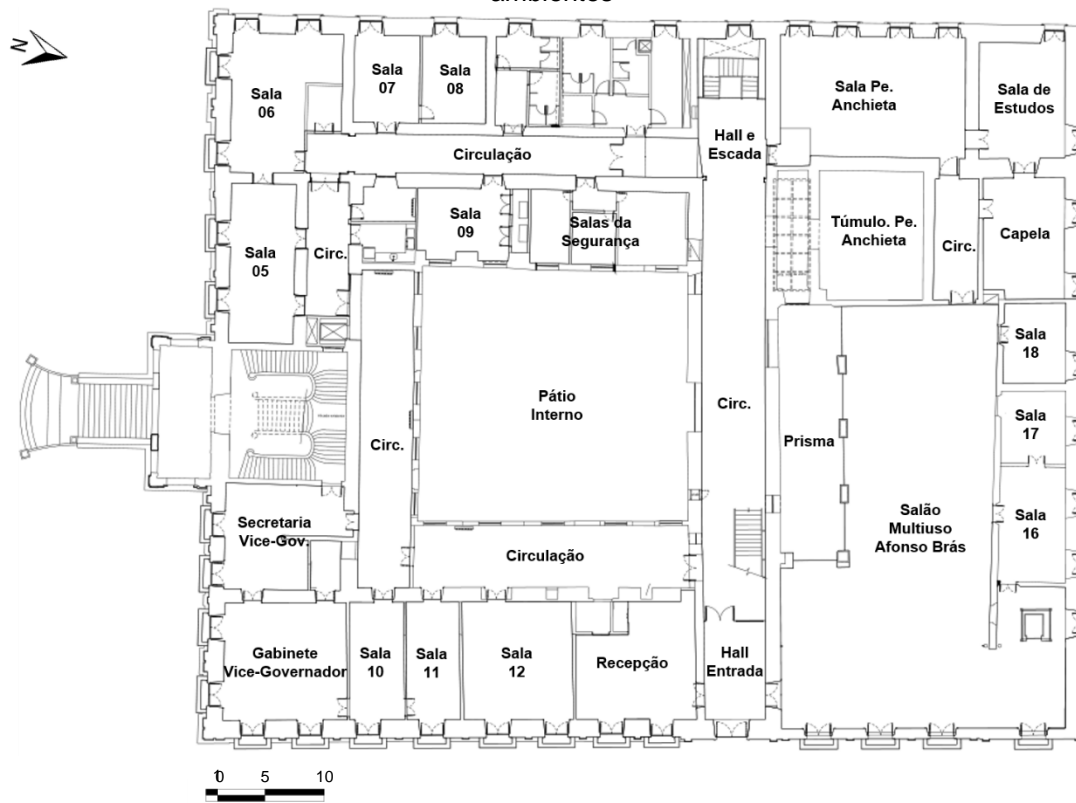
Figura 26 – Pavimento térreo do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Gerência de Patrimônio (2019).

No primeiro pavimento estão localizados alguns ambientes relacionados às funções do museu, mas a maior parte deles possuem usos por parte do governo do Estado, sendo importante ressaltar que embora as funções descritas nas plantas sejam eventualmente modificadas de acordo com a gestão, a divisão dos espaços permanece a mesma. É neste pavimento que está a entrada principal do edifício (Figura 27).

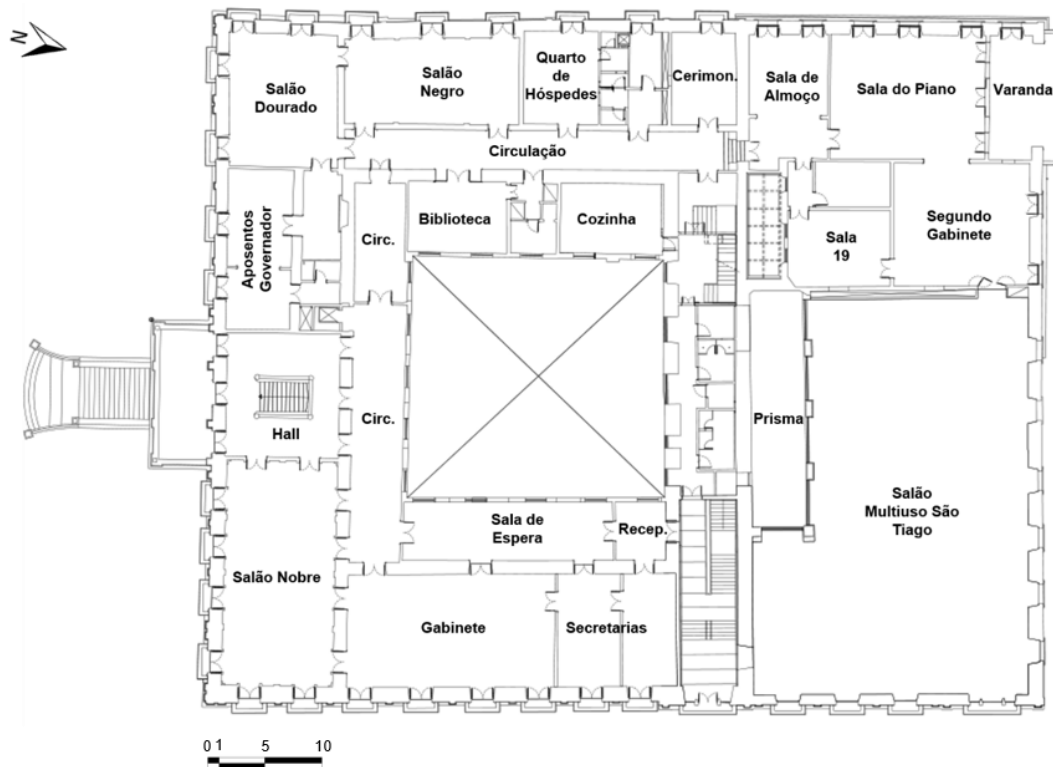
Figura 27 – Primeiro pavimento do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Gerência de Patrimônio (2019).

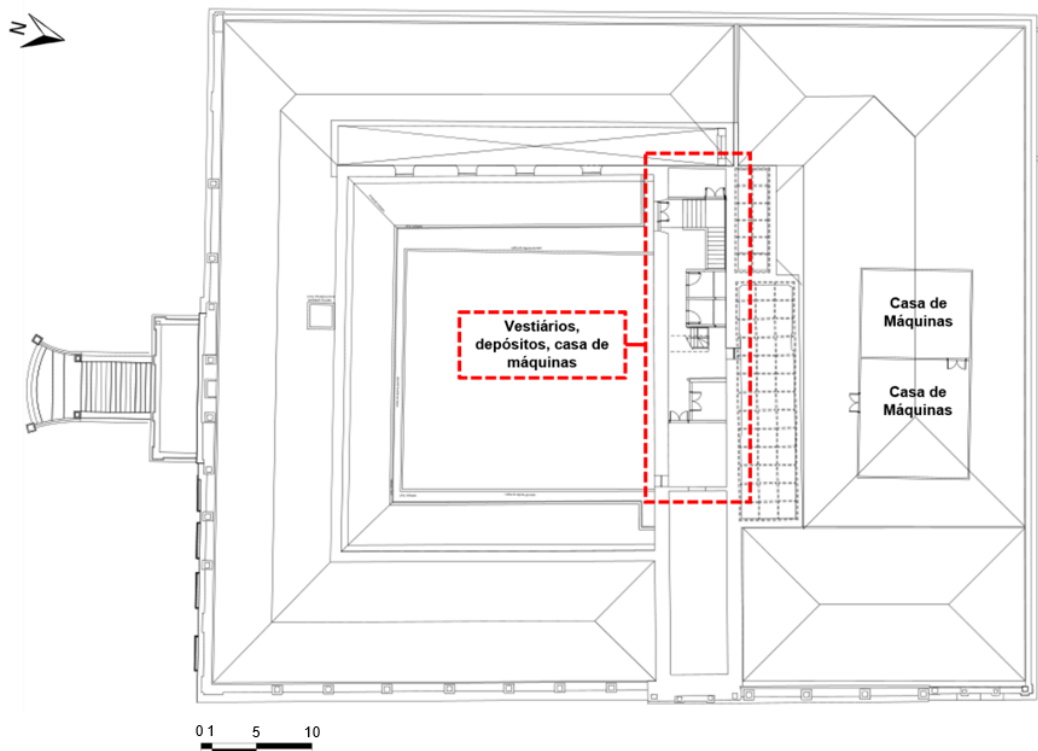
O segundo pavimento abriga apenas ambientes relacionados ao governo do Estado (Figura 28). Há ainda um pavimento de menor extensão, localizado entre o segundo pavimento e a cobertura, que abriga algumas funções de serviço do Palácio (Figura 29).

Figura 28 – Segundo pavimento do Palácio Anchieta com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Gerência de Patrimônio (2019).

Figura 29 – Pavimento de serviço do Palácio Anchieta



Fonte: adaptado de Gerência de Patrimônio (2019).

Os entrepisos da edificação apresentam lajes em concreto, devido às reformas que substituíram a antiga estrutura de barrotes de madeira. Grande parte do piso é de granito, mas também há a presença de madeira no assoalho. A cobertura é estruturada em madeira e telhas cerâmicas. Há uma parte que possui cobertura em vidro, sobre os ambientes do prisma e do acesso ao túmulo simbólico do Padre José de Anchieta (Figura 30).

Figura 30 – Cobertura de vidro sobre o ambiente Prisma



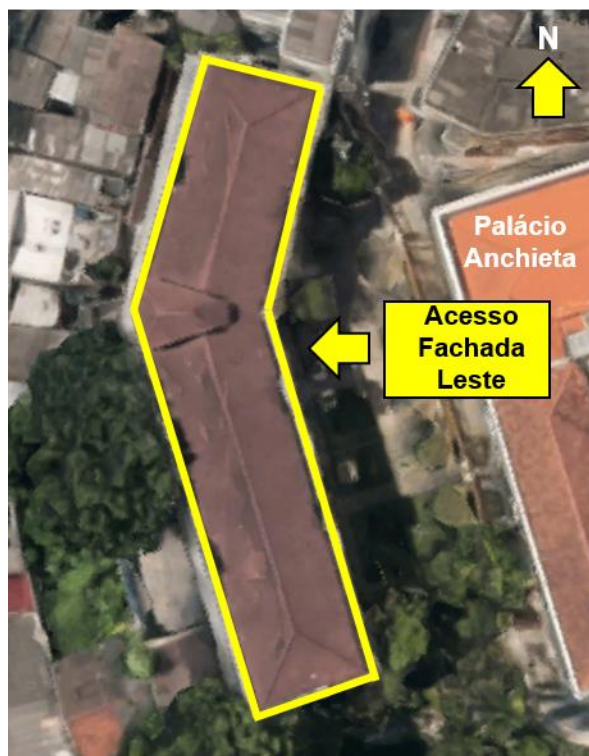
Fonte: Acervo da pesquisa (2019).

#### b) “EEEF Maria Ortiz”

A “EEEFM Maria Ortiz” possui forma regular, com a junção de dois prismas, um paralelo à fachada oeste do Palácio Anchieta, e outro enviesado (Figura 31). É uma construção monolítica, com dois pavimentos do lado da entrada principal (Fachada Leste) e três pavimentos na Fachada Oeste, aproveitando-se da topografia local. Há também um mirante, voltado para a fachada oeste.



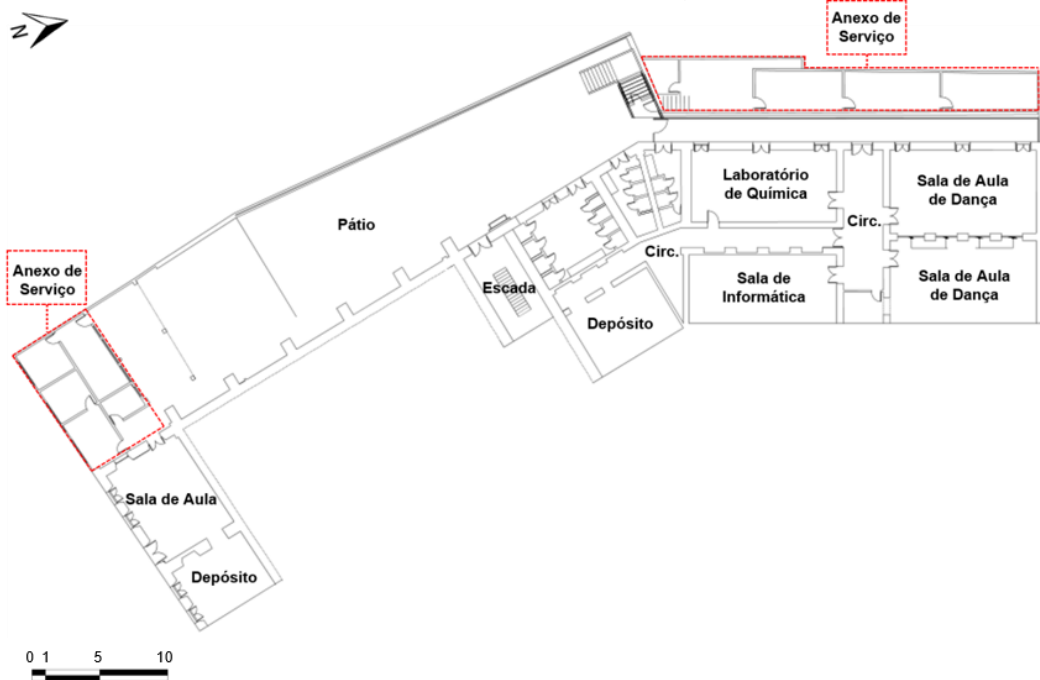
Figura 31 – Vista superior da Escola Maria Ortiz



Fonte: adaptado de *Google Maps* (2019).

Sua construção é em alvenaria portante de tijolos maciços, com paredes externas que variam de 30 a 77cm, sendo as mais espessas nos pavimentos inferiores e as mais finas nos superiores. As fachadas possuem janelas dispostas de modo a favorecer a ventilação cruzada. Possui um pátio externo no qual foram construídos alguns anexos com ambientes de serviço. O edifício conta ainda com um subsolo, que se abre para esse pátio, conforme apresentado na Figura 32.

Figura 32 – Subsolo da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo - IOPEs (2019).

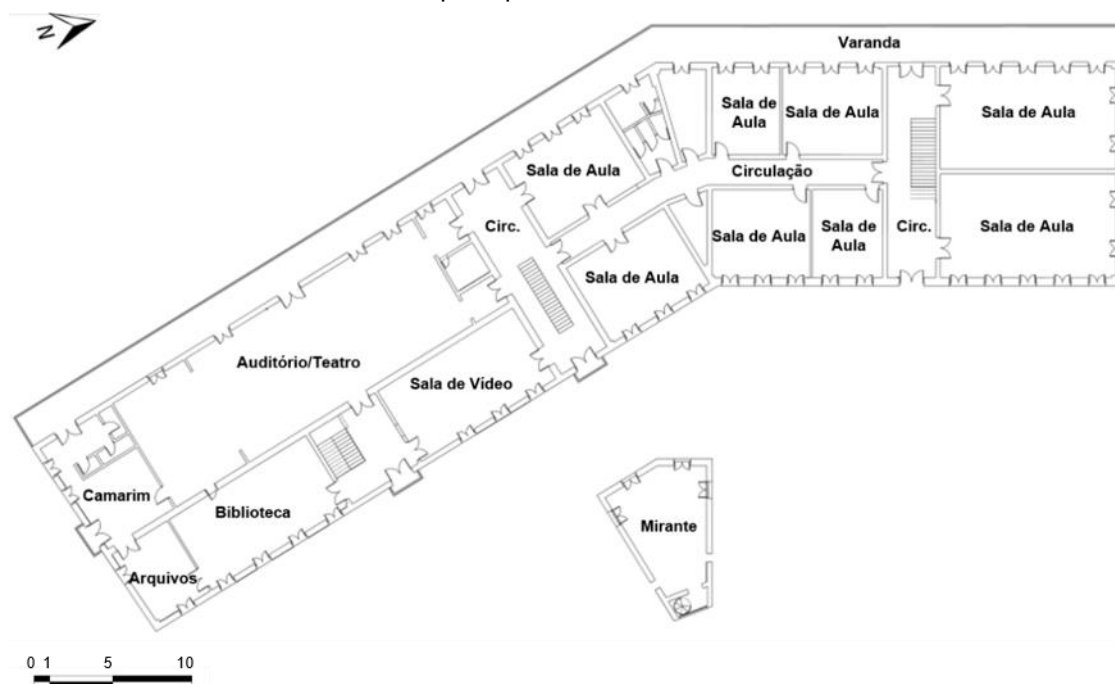
No pavimento térreo, onde está localizada a entrada principal do edifício, estão distribuídas as funções administrativas da escola, além de algumas salas de aula (Figura 33). No primeiro pavimento, localizam-se mais salas de aula, sala de vídeo, auditório e biblioteca. Ambos os pavimentos possuem varandas com guarda-corpo e estrutura em ferro fundido. Há também um mirante acima desse pavimento, cujo acesso é feito por uma escada helicoidal (Figura 34).

Figura 33 – Pavimento térreo da Escolar Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo - IOPEs (2019).

Figura 34 – Primeiro pavimento e Mirante da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo - IOPES (2019).

Os entrepisos da edificação são estruturados em barrotes de madeira, assim como a maior parte do piso, exceto o do subsolo e das varandas que é cerâmico sobre laje de concreto. A cobertura é estruturada em madeira e telhas cerâmicas.

### c) Sede do IPHAN-ES

A terceira edificação selecionada, foi o edifício da sede do IPHAN-ES, que possui formato irregular, ocupando a totalidade dos lotes em que se insere, e devido a isso não há afastamentos laterais entre ele e as edificações vizinhas. Localiza-se atrás da Catedral Metropolitana de Vitória (Figura 35). Nos fundos do terreno havia um pátio sob o qual encontra-se um porão no subsolo. Atualmente, neste pátio há um edifício Anexo à edificação original, que se interliga a esta por meio de passarelas envidraçadas e abriga instalações de Reserva Técnica do Instituto.

Figura 35 – Vista superior da Sede do IPHAN-ES



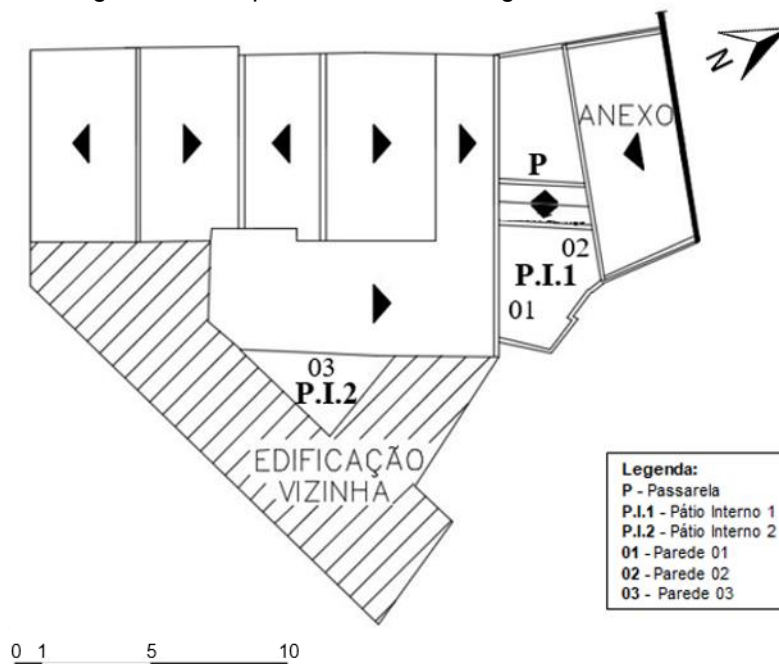
Fonte: adaptado de *Google Maps*<sup>1</sup> (2019).

A edificação original possui três pavimentos, sendo um deles abaixo do térreo, denominado primeiro subsolo, que se abre para o pátio. O porão abaixo do pátio é chamado segundo subsolo. Os diferentes níveis encontrados no edifício demonstram que houve um aproveitamento da topografia local. O sobrado possui aberturas na fachada principal, na de fundos, além de algumas janelas em um trecho de parede em apenas uma das fachadas laterais, que não está colado com a edificação vizinha, formando um pequeno átrio (Figura 36). Suas janelas e portas possuem dimensões variadas, e algumas delas foram substituídas durante os anos.

---

<sup>1</sup> A imagem do *Google Maps* é anterior à instalação do Anexo nos fundos do terreno e do término da reforma, que trocou toda a cobertura da edificação por telhas cerâmicas, apesar de a imagem ter sido coletada em 2019.

Figura 36 – Esquema do Edifício Original, Anexo e Pátios



Fonte: a autora (2019).

Sua construção sofreu diversas intervenções ao longo dos anos, devido às mudanças em seu uso, sendo a fachada principal a parede mais conservada do edifício. A casa foi construída inicialmente em pau a pique, porém, muitas delas foram modificadas e substituídas em uma reforma no ano de 1931, sendo substituídas por tijolos cerâmicos autoportantes e por técnicas construtivas atuais e, por esse motivo, sua envoltória possui paredes que variam de 13 a 75 cm. “Alguns textos que tratam da edificação afirmam que as paredes internas de tijolos cerâmicos substituíram antigas paredes em pau-a-pique” (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, p.87, 2011).

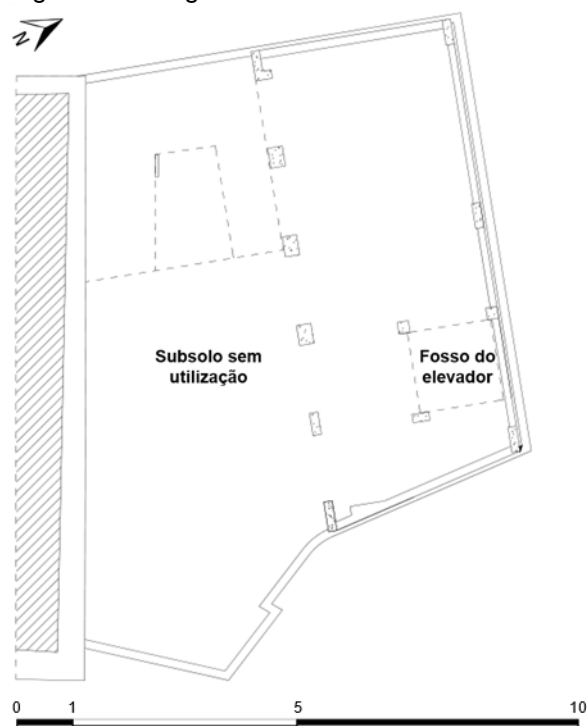
Durante a reforma de 2011 foram realizadas prospecções em alguns pontos que revelaram as paredes de tijolos cerâmicos, no entanto, nem todas as paredes foram analisadas, e algumas mantem-se bastante irregulares e pouco espessas, o que sugere que ainda há vestígios do pau-a-pique original. Com isso, para efeito de estudo e teste dos métodos construtivos, foi utilizado o pau-a-pique como referência para esta edificação.

A estrutura que era toda em madeira foi substituída em alguns locais pelo concreto armado. Os entrepisos possuem estruturas mistas, ora em madeira, ora em lajes de concreto armado. Os pisos possuem diversos acabamentos, tais

como: pedras naturais, cerâmica e madeira, sendo que a cobertura é estruturada em madeira e telhas cerâmicas.

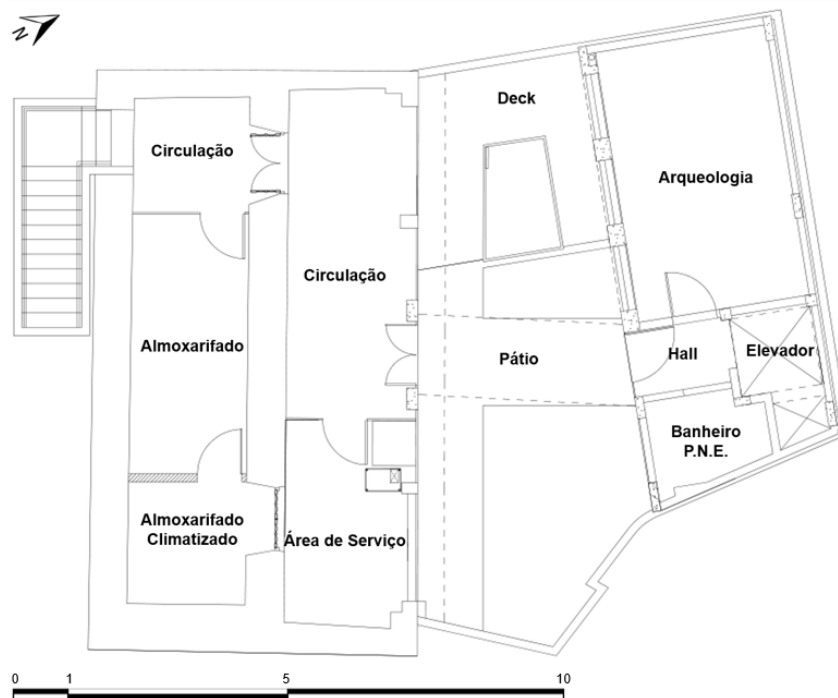
No segundo subsolo, localizado nos fundos do terreno e abaixo do Anexo, há uma área sem utilização, que funciona como depósito e abriga o fosso do elevador do Anexo. O acesso para o subsolo é feito por meio de uma escada de marinho (Figura 37), observando ainda que o primeiro subsolo abriga funções de serviço (Figura 38). No pavimento térreo, está localizada a entrada do edifício (Figura 39), e assim como o primeiro pavimento (Figura 40), abriga funções administrativas do Instituto.

Figura 37 – Segundo Subsolo da sede do IPHAN-ES



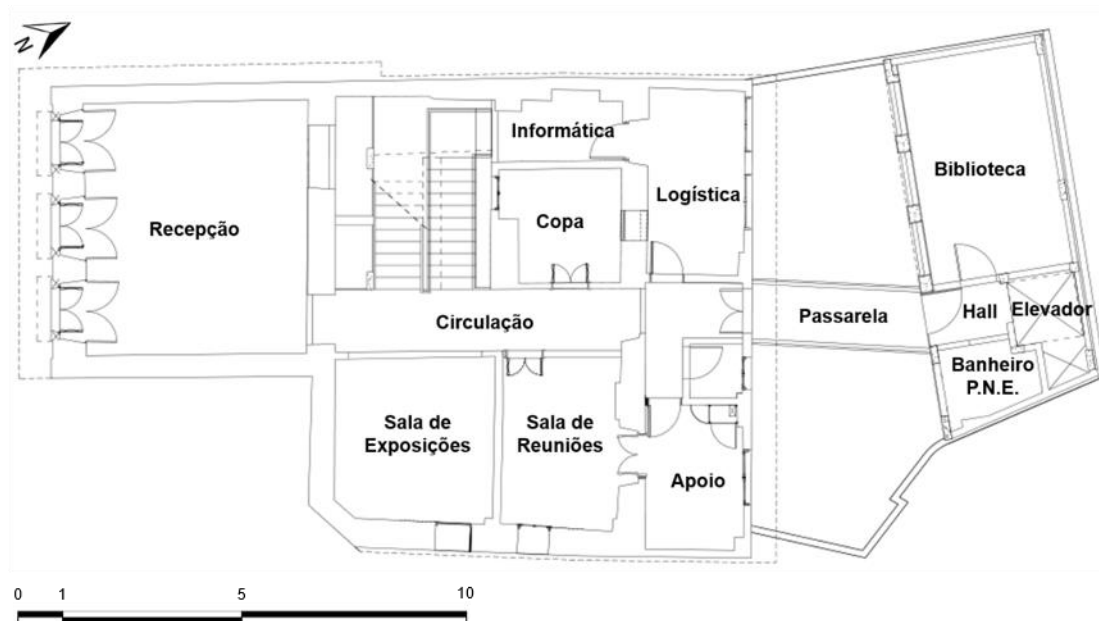
Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

Figura 38 – Primeiro Subsolo da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes



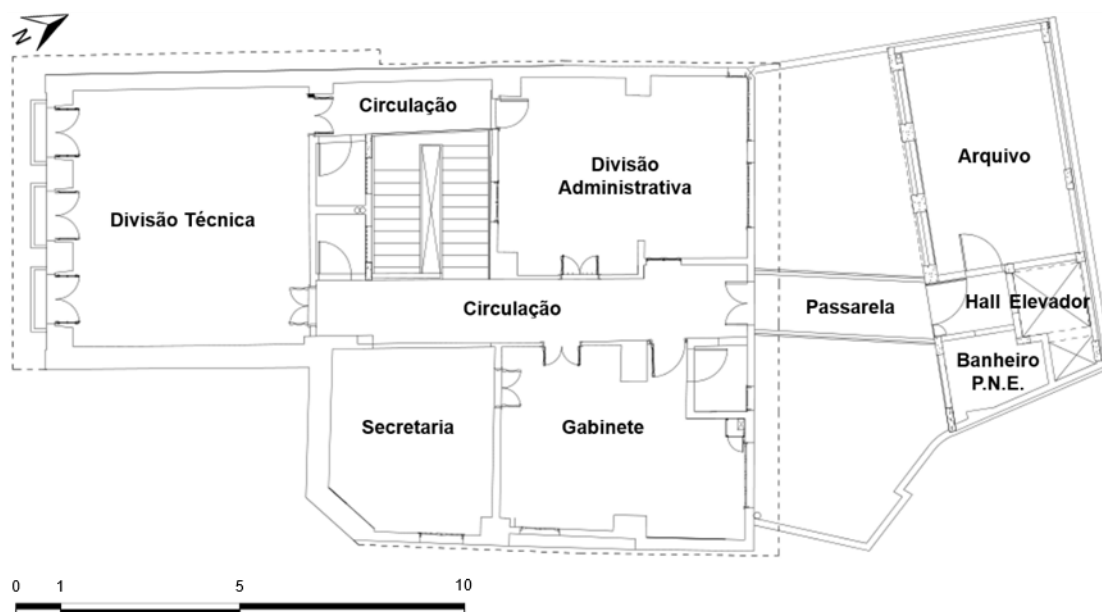
Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

Figura 39 – Pavimento Térreo da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

Figura 40 – Primeiro Pavimento da sede do IPHAN-ES com a identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

O Anexo apresenta três pavimentos, estruturados em concreto armado, com vedações em tijolos cerâmicos furados, com 15 cm de espessura. Possui esquadrias em alumínio na fachada voltada para o pátio e, as demais fachadas são construídas sobre os limites do terreno. A cobertura é em telhas cerâmicas. O Anexo abriga funções de reserva técnica de arqueologia, arquivos e a biblioteca do IPHAN.

#### d) Museu Solar Monjardim

O quarto e último edifício do recorte foi o Museu Solar Monjardim, que se localiza no bairro Jucutuquara, diferentemente dos demais, que estão localizados no Centro de Vitória. Seu entorno imediato é rico em vegetações (Figura 41), e seu formato é retangular, mas as paredes são dispostas de forma irregular, devido aos métodos construtivos empregados em sua construção. Possui três pavimentos, com formatos e dimensões diferenciados.



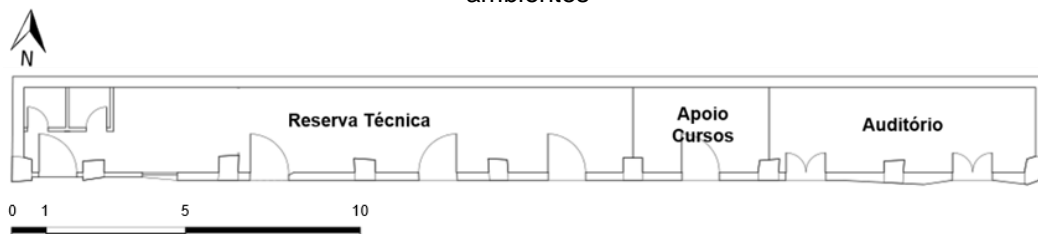
Figura 41 – Vista superior do Museu Solar Monjardim



Fonte: adaptado de *Google Maps* (2019).

O edifício possui estrutura em pedra e cal, e vedações em tijolos cerâmicos maciços, pau a pique/tabique e pedra e cal. O pavimento térreo, que abriga as funções administrativas do museu, possui envoltória em pedra e cal, e apesar de geralmente essa técnica resultar em paredes mais espessas, o edifício possui pilares com o mesmo material, o que permitiu uma vedação menos espessa, variando de 15 a 37cm (Figura 42).

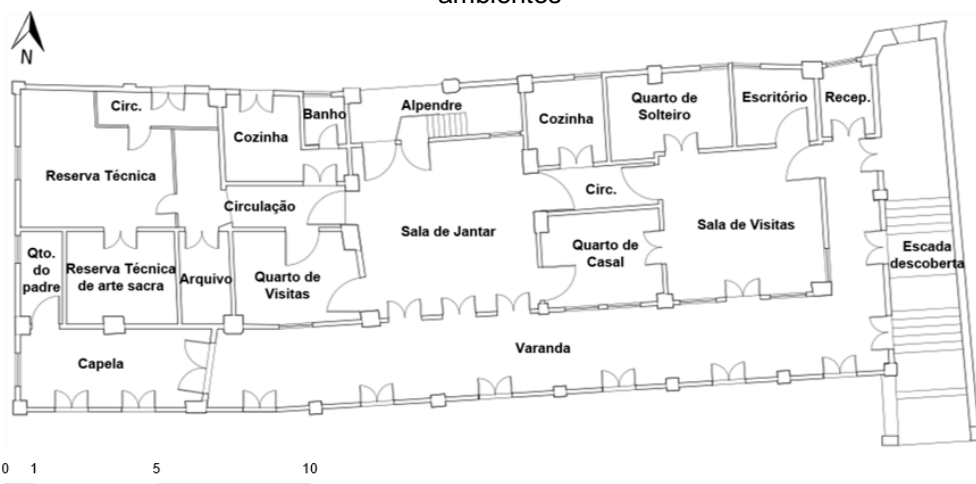
Figura 42 – Pavimento Térreo do Museu Solar Monjardim com a identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

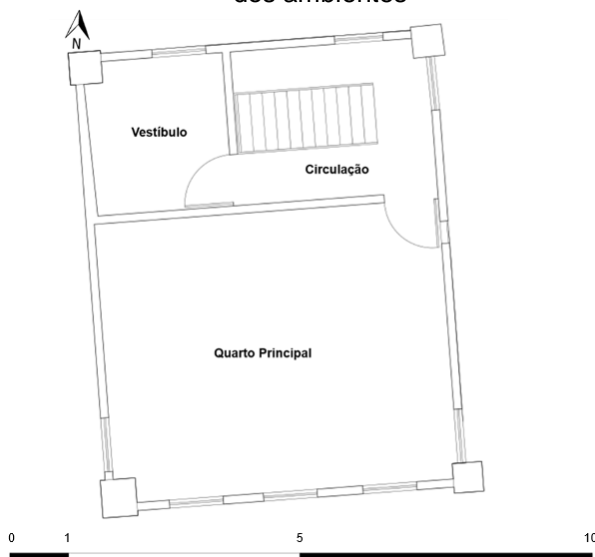
O primeiro pavimento, onde estão os ambientes de exposição e as áreas técnicas do museu, é o de maior área e foi inicialmente construído em pau a pique/tabique, no entanto, após uma reforma, teve esse método substituído pelo tijolo cerâmico maciço em grande parte da envoltória (Figura 43). O segundo pavimento, que faz parte do acervo do museu, possui três ambientes e é onde se localiza o antigo quarto principal, e possui vedação em pau a pique/tabique (Figura 44). As vedações de tijolo cerâmico maciço variam de 14 a 26 cm de espessura e as de pau a pique/tabique de 15 a 22 cm.

Figura 43 – Primeiro pavimento do Museu Solar Monjardim com a identificação dos ambientes



Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

Figura 44 – Camarinha (segundo pavimento) do Museu Solar Monjardim com a identificação dos ambientes



Fonte: adaptado de Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN (2019).

As aberturas do edifício são abundantes, permitindo a ventilação natural, sendo que suas esquadrias são majoritariamente de madeira, com pouca área envidraçada. A estrutura entrepisos é de barrotes de madeira, assim como a maior parte de seu assoalho. O telhado é estruturado em madeira e coberto com telhas cerâmicas. O Quadro 5 apresenta um resumo das técnicas construtivas dos quatro edifícios.

Quadro 5 – Sistemas construtivos dos edifícios selecionados

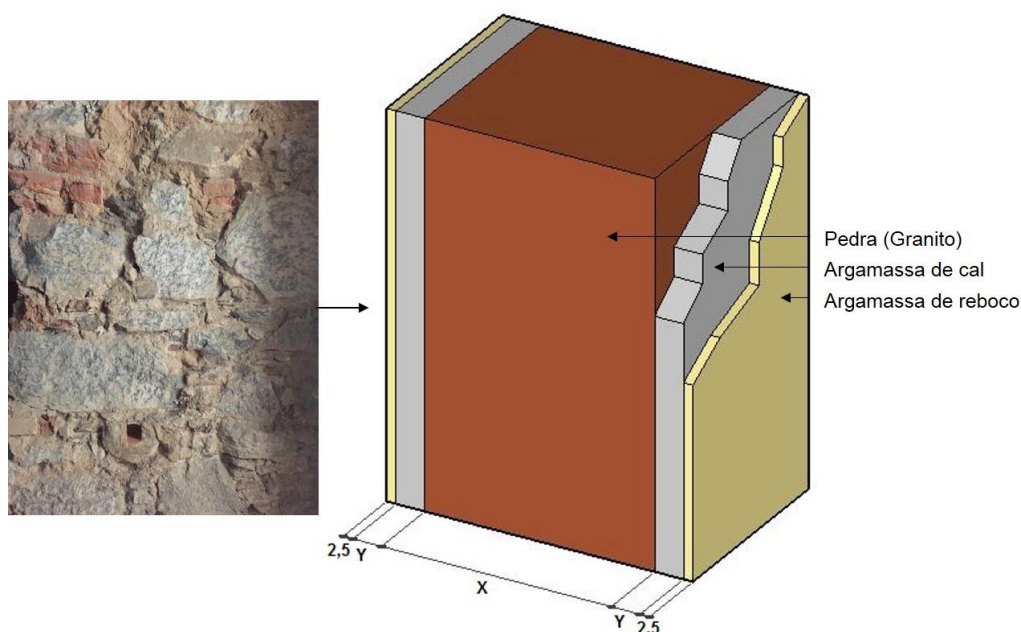
(continua)			
<b>Sistemas Construtivos Predominantes</b>			
<b>Estrutura</b>	<b>Vedação</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Esquadrias</b>

(conclusão)				
Palácio Anchieta	Pedra e cal Concreto armado	Tijolo cerâmico maciço Pedra e cal Bloco de concreto	Telha cerâmica	Madeira Ferro
“EEEFM Maria Ortiz”	Tijolo cerâmico maciço portante	Tijolo cerâmico maciço portante	Telha cerâmica	Madeira Ferro
Sede do IPHAN- ES	Pedra e cal Concreto armado	Pedra e cal Pau-a-pique Tijolo cerâmico maciço	Telha cerâmica	Madeira
Museu Solar Monjardim	Madeira Concreto Armado	Pau-a-pique	Telha cerâmica	Madeira

Fonte: a autora (2020).

Dessa forma, para os cálculos relacionados às paredes de pedra e cal, baseou-se no método exposto em algumas paredes do Palácio Anchieta, nas quais as pedras apresentam diferentes tamanhos, e são posicionadas irregularmente. Para efeito de cálculo, adotou-se então a simplificação mostrada na Figura 45, com 80% da espessura da parede de pedras, e os outros 20% de argamassa, dividido entre a argamassa de assentamento e a de reboco. A espessura da argamassa de reboco foi fixada em 2,5cm, enquanto a da argamassa de cal e as pedras variaram de acordo com a espessura da parede (Figura 45).

Figura 45 – Modelo de parede de pedra e cal adotado

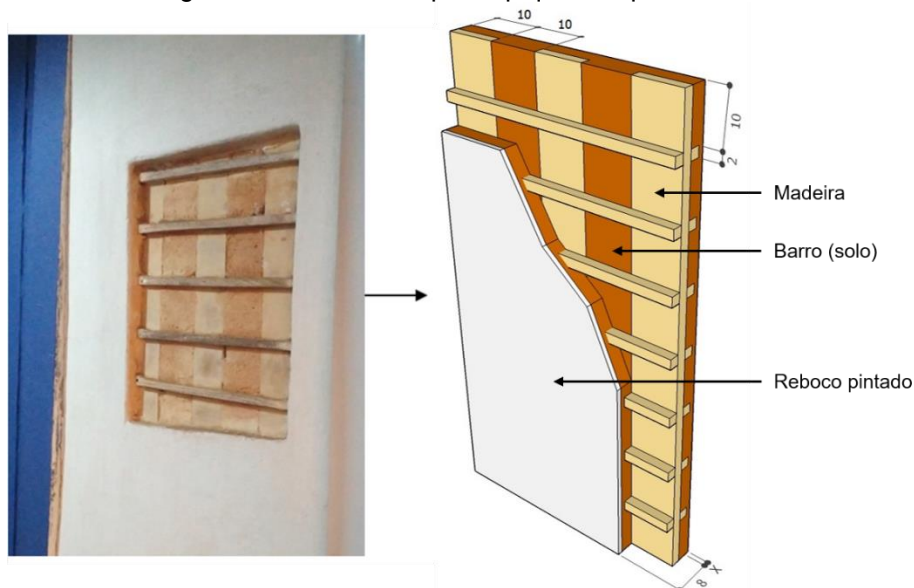


Fonte: à esquerda Pedrini (2019); e à direita a autora (2020).

Para as paredes de pau a pique/tabique, utilizou-se como base para os cálculos, um recorte existente em uma das paredes do Museu Solar Monjardim, onde é

possível ver a distribuição da madeira e do barro, conforme mostrado na Figura 46.

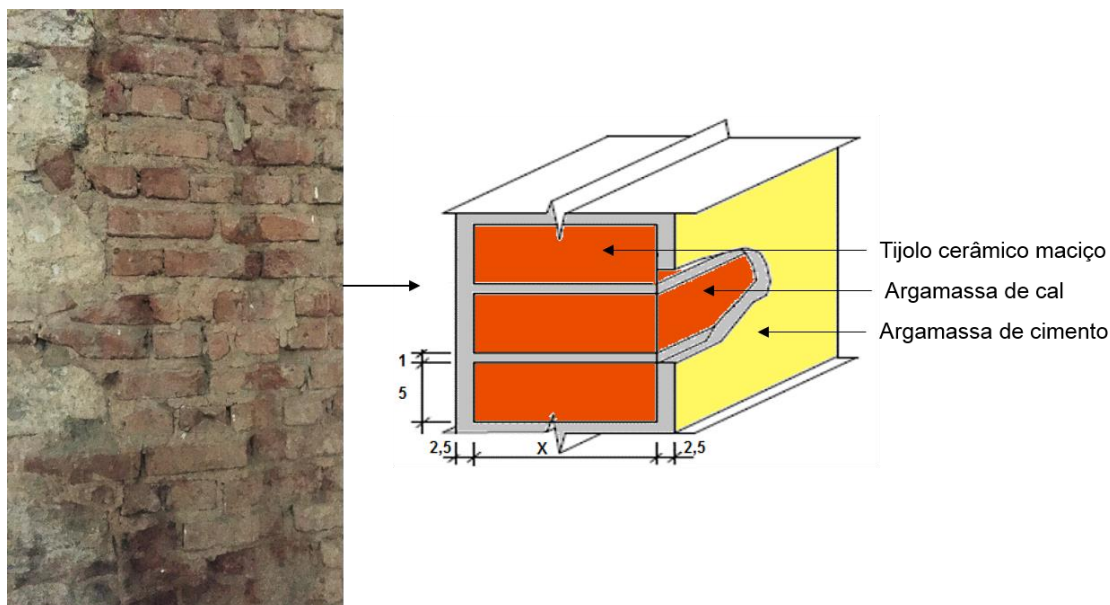
Figura 46 – Modelo de pau a pique/tabique adotado



Fonte: Acervo da Pesquisa (2019).

No caso das paredes de tijolos cerâmicos, foram encontradas duas situações expostas no Palácio Anchieta, ou seja, uma com tijolos de cerca de 3cm, e outra com 5cm de espessura. No entanto, ao realizar-se os cálculos constatou-se que o impacto da diferença dessas espessuras de tijolos nos valores das propriedades térmicas das paredes era mínimo, por isso, adotou-se para todas as espessuras de paredes o tijolo de 5cm, conforme mostrado na Figura 47. É importante ressaltar que, de acordo com as referências encontradas, as paredes originais da envoltória do Palácio Anchieta eram de taipa, no entanto, com as reformas do século XX, todas foram regularizadas com tijolos cerâmicos maciços, assim como os pilares externos, o que é mostrado em diversas paredes expostas no edifício. Devido a isso, adotou-se para essa edificação o tijolo maciço como método construtivo predominante.

Figura 47 – Modelo de tijolo cerâmico maciço adotado



Fonte: Acervo da Pesquisa (2019).

#### 4.3 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-C

Para a realização do procedimento de etiquetagem pelo método prescritivo do RTQ-C, foram utilizados os cálculos das transmitâncias e capacidades térmicas das paredes externas, além da transmitância da cobertura dos edifícios estudados. Foi necessário também o cálculo do Percentual de Abertura da Fachada total ( $PAF_T$ ), além da determinação do Fator Solar (FS) dos vidros, dos Ângulos Vertical e Horizontal de Sombreamento (AHS e AVS), e dos cálculos do Fator de Forma (FF) e do Fator Altura (FA). É importante ressaltar que o valor do fator de forma adotado para o Palácio Anchieta (0,17) foi o mínimo estipulado pelo RTQ-C, para edificações com área de projeção maior do que  $500m^2$ , visto que o valor calculado foi de 0,10.

Estes dados, para cada edifício, estão apresentados nos Quadros 6, 7, 8 e 9.

Quadro 6 – Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Palácio Anchieta

(continua)	
<b>PALÁCIO ANCHIETA</b>	
<b>Tipologias Arquitetônicas</b>	
<b>Forma</b>	Retangular
<b>Proporção geométrica</b>	55,75 x 47,58
<b>Azimute/ Orientação solar</b>	De acordo com a orientação do edifício
<b>Pés direitos (m)</b>	
2,40m; 2,47m; 2,47m; 2,73 m; 2,87m; 2,95m; 2,95m; 3,00m; 3,05m; 3,08m; 3,15m; 3,18m; 3,35m; 3,40m; 3,65m; 3,65m; 3,70m; 3,73m; 3,75m; 3,79m; 3,80 m; 3,81m; 3,89m; 4,00m; 4,10m; 4,59m; 4,75m; 4,79m; 5,15m; 5,25m; 5,32m; 5,45m; 5,52m; 6,54m; 10,53m.	

(continuação)											
<b>Número de pavimentos</b>								04			
<b>Área por pavimento (m<sup>2</sup>)</b>								Térreo		1566,28	
								1º Pavimento		2483,47	
								2º Pavimento		2489,34	
								3º Pavimento		172,4	
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>								6711,49			
<b>Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)</b>								0°			
<b>Ângulo de sombreamento vertical (ASV)</b>								0°			
<b>Percentual de abertura da fachada (PAF)</b>								29,07%			
<b>Percentual de abertura da zenital (PAZ)</b>								3,26%			
<b>Cor dos vidros</b>								Incolor			
<b>Propriedades térmicas dos materiais</b>											
<b>Absortância das paredes (<math>\alpha</math>)</b>								Amarelo: cerca de 30%			
<b>Absortância da cobertura (<math>\alpha</math>)</b>								Terracota: cerca de 60%			
<b>Transmitância das paredes (U)</b>											
Pedra e cal											
Espessura (cm)	33	52	55	60	65	69	72	75	77		
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,72	2,11	2,04	1,93	1,83	1,76	1,71	1,67	1,64		
Espessura (cm)	79	81	84	86	90	92	94	97	101		
U W/(m <sup>2</sup> .K)	1,61	1,58	1,54	1,52	1,46	1,44	1,42	1,39	1,34		
Espessura (cm)	106	109	113	124	126	133	140	150			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	1,30	1,27	1,23	1,15	1,10	1,05	1,04	0,99			
Tijolo cerâmico maciço											
Espessura (cm)	25	28	30	32	35	37	43	45			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,17	2,01	1,91	1,79	1,71	1,65	1,47	1,42			
Espessura (cm)	47	57	62	65	67	70	74	80			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	1,37	1,17	1,10	1,05	1,03	0,99	0,93	0,88			
Espessura (cm)	82	84	86	90	92	96	98	100			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	0,86	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75	0,74	0,73			
Espessura (cm)	102	106	110	113	115	117	120	126			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,59			
Espessura (cm)	130	133	135	138	147	150	157	193			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	0,57	0,56	0,55	0,54	0,51	0,50	0,48	0,40			
Tijolo de concreto											
Espessura (cm)	14										
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,78										
<b>Transmitância da cobertura (U)</b>								1,52			
<b>Fator Solar (FS)</b>								0,87			
<b>Capacidade térmica das paredes (J/m<sup>2</sup>K)</b>											
Pedra e cal											
Espessura (cm)	33	52	55	60	65	69	72	75	77		
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	589	921	974	1061	1148	1218	1271	1323	1358		
Espessura (cm)	79	81	84	86	90	92	94	97	101		
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	1393	1428	1480	1515	1585	1620	1655	1707	1777		
Espessura (cm)	106	109	113	124	126	133	140	150			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	1865	1917	1952	2179	2301	2424	2459	2633			
Tijolo cerâmico de 3cm											
Espessura (cm)	25	28	30	32	35	37	43	45			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	306	340	362	395	417	440	507	529			
Espessura (cm)	47	57	62	65	67	70	74	80			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	551	662	718	751	774	807	863	918			
Espessura (cm)	82	84	86	90	92	96	98	100			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	941	963	985	1030	1052	1096	1119	1141			
Espessura (cm)	102	106	110	113	115	117	120	126			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	1163	1208	1252	1286	1308	1330	1364	1430			
Espessura (cm)	130	133	135	138	147	150	157	193			

								(conclusão)	
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	1475	1508	1530	1564	1664	1697	1775	2176	
Tijolo de concreto									
Espessura (cm)	14								
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	209								

Fonte: elaborado a partir de Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018).

Quadro 7 – Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Escola Maria Ortiz

								(continua)		
<b>ESCOLA MARIA ORTIZ</b>										
<b>Tipologias Arquitetônicas</b>										
<b>Forma</b>					Irregular					
<b>Proporção geométrica</b>					29,57 x 72,8					
<b>Azimute/ Orientação solar</b>					De acordo com a orientação do edifício					
<b>Pé direito (m)</b>					4,28					
<b>Número de pavimentos</b>					4					
<b>Área por pavimento (m<sup>2</sup>)</b>					Subsolo					969,49
					Térreo					1224,67
					1º Pavimento					1028,73
					Mirante					40,10
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>					3273,7					
<b>Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)</b>					0°					
<b>Ângulo de sombreamento vertical (ASV)</b>					0°					
<b>Percentual de abertura da fachada (PAF)</b>					Fachada 01 (Leste) = 9,03%					
					Fachada 02 (Sul) = 7,77%					
					Fachada 03 (Oeste) = 13,9%					
					Fachada 04 (Norte) = 7,59%					
<b>Percentual de abertura da zenital (PAZ)</b>					0					
<b>Cor dos vidros</b>					Incolor					
<b>Propriedades térmicas dos materiais</b>										
<b>Absortância das paredes (<math>\alpha</math>)</b>					Amarelo = cerca de 30%					
<b>Absortância da cobertura (<math>\alpha</math>)</b>					Terracota = cerca de 60%					
<b>Transmitância das paredes (U)</b>										
Tijolo cerâmico maciço										
Espessura (cm)	25	27	30	32	35	37	40			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,20	2,09	1,95	1,82	1,75	1,68	1,58			
Espessura (cm)	44	48	50	54	60	70	77			
U W/(m <sup>2</sup> .K)	1,47	1,38	1,33	1,25	1,15	1,01	0,93			
Tijolo cerâmico furado										
Espessura (cm)	15									
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,46									
<b>Transmitância da cobertura (U)</b>					1,54					
<b>Fator Solar (FS)</b>					0,87					
<b>Capacidade térmica das paredes (J/m<sup>2</sup>K)</b>										
Tijolo cerâmico maciço										
Espessura (cm)	25	27	30	32	35	37	40			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	311	333	368	390	424	447	481			
Espessura (cm)	44	48	50	54	60	70	77			
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	526	572	594	640	708	753	901			
Tijolo cerâmico furado										
Espessura (cm)	15									
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	150									

Fonte: elaborado a partir de Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018).

Quadro 8 – Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Sede do IPHAN

(continua)					
<b>SEDE DA SUPERINTENDÊNCIA DO IPHAN – ES</b>					
<b>EDIFÍCIO ANTIGO</b>					
<b>Tipologias Arquitetônicas</b>					
<b>Forma</b>			Irregular		
<b>Proporção geométrica</b>			16,08m x 10,76m		
<b>Azimute/ Orientação solar</b>			De acordo com a orientação do edifício		
<b>Pés direitos (m)</b>					
1,98; 2,05; 2,05; 2,11; 2,22; 2,25; 2,27; 2,32; 2,32; 2,34; 2,35; 2,36; 2,37; 2,38; 2,40; 2,42; 2,4; 2,51; 2,52; 2,55; 2,72; 2,76; 2,78; 2,84; 2,86; 2,88; 2,99; 3,00; 3,09; 3,27; 3,27; 3,47; 3,67; 3,67; 3,75; 3,77; 3,84; 4,13; 6,71					
<b>Número de pavimentos</b>			3		
<b>Área por pavimento (m²)</b>		Subsolo		94,13	
		Térreo		143,67	
		1º Pavimento		143,67	
<b>Área (m²)</b>			381,47		
<b>Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)</b>			45°		
<b>Ângulo de sombreamento vertical (ASV)</b>			0°		
<b>Percentual de abertura da fachada (PAF)</b>			Fachada 01 (sudeste): 2,10%		
			Pátio Interno 1 (nordeste): 5,61%		
			Pátio Interno 2 (sudeste): 3,41%		
<b>Percentual de abertura da zenital (PAZ)</b>			0°		
<b>Cor dos vidros</b>			Incolor		
<b>Propriedades térmicas dos materiais</b>					
<b>Absortância das paredes (<math>\alpha</math>)</b>			Branco = cerca de 20%		
<b>Absortância da cobertura (<math>\alpha</math>)</b>			Terracota = cerca de 60%		
<b>Transmitância das paredes (U)</b>					
Pau a pique					
Espessura (cm)	13	15	17	18	20
U W/(m².K)	2,19	2,02	1,87	1,81	1,71
Tijolo cerâmico maciço					
Espessura (cm)	30	40	50	75	
U W/(m².K)	1,95	1,58	1,33	0,91	
Tijolo cerâmico furado					
Espessura (cm)	15				
U W/(m².K)	2,46				
<b>Transmitância da cobertura (U)</b>			0,97		
<b>Fator Solar (FS)</b>			0,87		
<b>Capacidade térmica das paredes (J/m²K)</b>					
Pau a pique					
Espessura (cm)	13	15	17	18	20
CT kJ/(m².K)	169	197	226	240	269
Tijolo cerâmico maciço					
Espessura (cm)	30	40	50	75	
CT kJ/(m².K)	367,59	481,16	594,73	889,2	
Tijolo cerâmico furado					
Espessura (cm)	15				
CT kJ/(m².K)	150				
<b>Ocupação e Sistemas de Iluminação e Condicionamento de Ar</b>					
<b>Densidade de ocupação (m²/pessoa)</b>			381,47/21 = 18,17		
<b>Densidade de potência de ocupação (DPI)</b>			15*		
<b>Coefficiente de desempenho do ar condicionado (COP)</b>			2,60*		
<b>ANEXO</b>					



(conclusão)		
<b>Tipologias Arquitetônicas</b>		
<b>Forma</b>	Irregular	
<b>Proporção geométrica</b>	7,49m x 8,66m	
<b>Azimute/ Orientação solar</b>	De acordo com a orientação do edifício	
<b>Pé direito (m)</b>	2,50; 2,61; 2,8; 3,78	
<b>Número de pavimentos</b>	4	
<b>Área por pavimento (m²)</b>	1º Subsolo	67,35
	2º Subsolo	31,69
	Térreo	31,69
	1º Pavimento	31,69
<b>Área (m²)</b>	162,42	
<b>Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)</b>	0°	
<b>Ângulo de sombreamento vertical (ASV)</b>	0°	
<b>Percentual de abertura da fachada (PAF)</b>	Parede 2 (sudoeste): 14,64%	
<b>Percentual de abertura da zenital (PAZ)</b>	0°	
<b>Cor dos vidros</b>	Incolor	
<b>Propriedades térmicas dos materiais</b>		
<b>Absortância das paredes (<math>\alpha</math>)</b>	Branco = cerca de 20%	
<b>Absortância da cobertura (<math>\alpha</math>)</b>	Terracota = cerca de 60%	
<b>Transmitância das paredes (U)</b>	2,46	
<b>Transmitância da cobertura (U)</b>	1,56	
<b>Fator Solar (FS)</b>	0,87	
<b>Capacidade térmica das paredes (J/m²K)</b>	150	

Fonte: elaborado a partir de Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018).

Quadro 9 – Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo – Museu Solar Monjardim

(continua)		
<b>MUSEU SOLAR MONJARDIM</b>		
<b>Tipologias Arquitetônicas</b>		
<b>Forma</b>	Irregular	
<b>Proporção geométrica</b>	42,36 x 10,66	
<b>Azimute/ Orientação solar</b>	De acordo com a orientação do edifício	
<b>Pé direito (m)</b>	1,86; 2,70m; 2,90	
<b>Número de pavimentos</b>	3	
<b>Área por pavimento (m²)</b>	Térreo	89
	1º Pavimento	307,04
	2º Pavimento	55,17
<b>Área (m²)</b>	451,31	
<b>Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)</b>	0°	
<b>Ângulo de sombreamento vertical (ASV)</b>	0°	
<b>Percentual de abertura da fachada (PAF)</b>	Fachada 01 (Sul) = 0,45%	
	Fachada 02 (Oeste) = 0,42%	
	Fachada 03 (Norte) = 0,23%	
	Fachada 04 (Leste) = 0,77%	
<b>Percentual de abertura da zenital (PAZ)</b>	0°	
<b>Cor dos vidros</b>	Incolor	
<b>Propriedades térmicas dos materiais</b>		
<b>Absortância das paredes (<math>\alpha</math>)</b>	Branco = cerca de 20%	
<b>Absortância da cobertura (<math>\alpha</math>)</b>	Terracota = 60%	
<b>Transmitância das paredes (U)</b>		
Pedra e cal		
<b>Espessura (cm)</b>	15                      24                      37	
<b>U W/(m².K)</b>	3,72                      3,14                      2,56	

(conclusão)					
Pau a pique/tabique					
Espessura (cm)	15	17	19	21	22
U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,02	1,87	1,87	1,87	1,58
Tijolo cerâmico maciço					
Espessura (cm)	14	17	19	21	26
U W/(m <sup>2</sup> .K)	3,09	2,78	2,61	2,46	2,15
<b>Transmitância da cobertura (U)</b>				Varanda = 1,91	
				Demais ambientes = 0,99	
<b>Fator Solar (FS)</b>				0,87	
<b>Capacidade térmica das paredes (J/m<sup>2</sup>K)</b>					
Pedra e cal					
Espessura (cm)	15	24	37		
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	275	432	659		
Pau a pique/tabique					
Espessura (cm)	15	17	22		
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	197	226	297		
45Tijolo cerâmico maciço					
Espessura (cm)	14	17	19	21	26
CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	186	220	243	265	322

Fonte: elaborado a partir de Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2005); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018).

Para a realização da etiquetagem, foram utilizadas as fórmulas prescritas pelo método. Após a obtenção da etiqueta inicial, a edificação foi submetida à análise sobre o atendimento dos pré-requisitos específicos, mencionados na Tabela 5 da metodologia, para o sistema da envoltória, para que fosse obtida a etiqueta final. Os resultados da etiquetagem cujos resultados estão mostrados nas Tabelas 17, 18, 19 e 20 e para conferência dos mesmos, foram realizadas etiquetagem com a plataforma WebPrescritivo, cujos resultados estão apresentados no Apêndice III.

Tabela 17 – Etiquetagem do Palácio Anchieta

(continua)					
<b>VALORES REAIS</b>					
Fator de Forma	Fator Altura	PAF <sub>T</sub>	Fator Solar	AHS	AVS
0,17	0,37	0,29	0,87	45	0
<b>VALORES IC MÁXIMO</b>					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,17	0,37	0,6	0,61	0	0
<b>VALORES IC MÍNIMO</b>					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,17	0,37	0,05	0,87	0	0
<b>EFICIÊNCIA</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Limite Mínimo	-	45,24	49,19	53,14	57,12
Limite Máximo	45,25	49,20	53,15	57,11	-
IC ENV	41,33	<b>ETIQUETA C</b>			
IC MAX	57,11				
IC MÍN	41,30				
i	3,95				
Etiqueta limitada pelos pré-requisitos da transmitância dos Ambientes Condicionados					

(conclusão)
Etiqueta B: Transmitância AC para ZB8 < 1,5 W/m <sup>2</sup> K
Etiqueta A: Transmitância AC para ZB8 < 1 W/m <sup>2</sup> K

Fonte: a autora (2019).

Tabela 18 – Etiquetagem da Escola Maria Ortiz

VALORES REAIS					
Fator de Forma	Fator Altura	PAF <sub>T</sub>	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,383	0,87	0	45
VALORES IC MÁXIMO					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,6	0,61	0	0
VALORES IC MÍNIMO					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,05	0,87	0	0
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	98,51	104,06	109,60	115,17
Limite Máximo	98,52	104,07	109,61	115,16	-
IC ENV	90,67	<b>ETIQUETA C</b>			
IC MAX	115,16				
IC MÍN	92,97				
i	4,14				
Etiqueta limitada pelos pré-requisitos da transmitância dos Ambientes Condicionados					
Etiqueta B: Transmitância AC para ZB8 < 1,5 W/m <sup>2</sup> K					
Etiqueta A: Transmitância AC para ZB8 < 1 W/m <sup>2</sup> K					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 19 – Etiquetagem da sede do IPHAN

VALORES REAIS					
Fator de Forma	Fator Altura	PAF <sub>T</sub>	Fator Solar	AHS	AVS
0,46	0,35	0,1863	0,87	45	0
VALORES IC MÁXIMO					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,46	0,35	0,6	0,61	0	0
VALORES IC MÍNIMO					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,46	0,35	0,05	0,87	0	0
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	133,98	138,13	142,27	146,43
Limite Máximo	133,99	138,14	142,28	146,42	-
IC ENV	124,13	<b>ETIQUETA C</b>			
IC MAX	146,42				
IC MÍN	129,85				
i	4,14				
Etiqueta limitada pelos pré-requisitos da transmitância dos Ambientes Condicionados					
Etiqueta B: Transmitância AC para ZB8 < 1,5 W/m <sup>2</sup> K					
Etiqueta A: Transmitância AC para ZB8 < 1 W/m <sup>2</sup> K					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 20 – Etiquetagem do Museu Solar Monjardim

(continua)					
VALORES REAIS					
Fator de Forma	Fator Altura	PAF <sub>T</sub>	Fator Solar	AHS	AVS
0,48	0,84	0,0187	0,87	0	0

(conclusão)					
<b>VALORES IC MÁXIMO</b>					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,48	0,84	0,6	0,61	0	0
<b>VALORES IC MÍNIMO</b>					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,48	0,84	0,05	0,87	0	0
<b>EFICIÊNCIA</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Limite Mínimo	-	323,85	327,99	332,13	336,30
Limite Máximo	323,86	328,00	332,14	336,29	-
IC ENV	318,67	<b>ETIQUETA C</b>			
IC MAX	336,29				
IC MÍN	319,71				
i	4,14				
Etiqueta limitada pelo pré-requisito da absorptância da cobertura					
Etiquetas A e B: Absortância da cobertura para ZB8 < 0,5					

Fonte: a autora (2019).

Conforme verificado nas tabelas anteriormente apresentadas, todas as edificações receberam etiquetagem nível C, de acordo com o método prescritivo do RTQ-C. Esses resultados ocorreram principalmente, devido aos pré-requisitos limitadores de transmitâncias e absorptâncias das coberturas, o que evidencia que esses requisitos geram uma tendência na etiquetagem das edificações, pois mesmo que as volumetrias e percentuais de áreas envidraçadas das fachadas sejam diversos, os edifícios enquadraram-se em uma única etiqueta.

Se for comparada a Escola Maria Ortiz, que possui  $PAF_T$ , percentual que relaciona a área envidraçada das esquadrias com a área de fachada, de cerca de 40% e o Museu Solar Monjardim, que possui 1,87%, devido à pouca utilização de vidros em suas esquadrias, a diferença é considerável para que os resultados de etiquetagem sejam os mesmos, visto que os elementos transparentes, como os vidros, são grandes responsáveis pelos ganhos térmicos no interior das edificações.

Sugere-se ainda, que esta etiqueta não avalia corretamente a eficiência energética das edificações, sendo os pré-requisitos limitadores estabelecidos pela etiquetagem alguns dos principais motivos, visto que geram uma tendência no nível de eficiência das edificações, sendo importante ressaltar que esses pré-requisitos foram retirados do texto na nova proposta, a INI-C.

Os resultados seguintes referem-se à etiquetagem pelo método de simulação do INI-C, no entanto, antes de 123éculo123ci-los, serão mostrados os resultados da calibração dos modelos reais dos edifícios.

#### 4.4 CALIBRAÇÃO DOS MODELOS

Para a etapa de calibração foram utilizados os índices de incerteza *Normalized Mean Bias Error* (NMBE) e o *Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error* CV(RMSE), que correspondem a equações matemáticas onde são inseridos e comparados os dados medidos e simulados, e cujos resultados são dados em porcentagens, que por sua vez são comparados com critérios pré-estabelecidos por algumas normativas, onde é possível verificar se aquele modelo está calibrado. A modelagem foi realizada utilizando-se o *software DesignBuilder*, versão 3.4.0.401, e os dados de entrada referentes à ocupação, e ganhos térmicos foram configurados conforme a Tabela 21.

Tabela 21 – Dados de entrada de ocupação, características e ganhos térmicos

(continua)		
<b>Edifício: Palácio Anchieta</b>		
<b>Ocupação</b>	<b>Uso</b>	<b>Fonte</b>
Horário de funcionamento	09h00 – 17h00	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana <sup>1</sup>	6	Visita <i>in loco</i>
<b>Parâmetros Humanos</b>		
Metabolismo – trabalho leve <sup>2</sup>	0,875	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Verão = 0,5 Clo / Inverno = 1,0 Clo	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	100 pessoas	Visita <i>in loco</i>
<b>Iluminação e ganhos<sup>3</sup></b>		
DPI – Densidade de Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	15	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE – Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	9,7	
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)<sup>3</sup></b>		
COP – Coeficiente de performance (W/W)	2,6	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24	
<sup>1</sup> considerou-se os dias que há visitação ao público; <sup>2</sup> considerou-se metade homens e metade mulheres; <sup>3</sup> utilizou-se os parâmetros da Tabela A.8 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações não descritas anteriormente).		
<b>Edifício: Escola Maria Ortiz</b>		
<b>Ocupação</b>	<b>Uso</b>	<b>Fonte</b>
Horário de funcionamento	07h00 – 22h00 (segunda) 07h00 – 19h00 (demais dias)	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana <sup>1</sup>	5	Visita <i>in loco</i>
<b>Parâmetros Humanos</b>		
Metabolismo – trabalho leve <sup>2</sup>	0,875	Visita <i>in loco</i>

(continuação)		
Vestimenta	Verão = 0,5 Clo / Inverno = 1,0 Clo	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	441 pessoas	Visita <i>in loco</i>
<b>Iluminação e ganhos<sup>3</sup></b>		
DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	15,5	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	9,7	
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)<sup>3</sup></b>		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	2,6	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24	

<sup>1</sup> considerou-se os dias que há visitação ao público

<sup>2</sup> considerou-se metade homens e metade mulheres

<sup>3</sup> utilizou-se os parâmetros da Tabela A.2 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações educacionais).

#### Edifício: Sede do IPHAN-ES

Ocupação	Uso	Fonte
Horário de funcionamento	08h00 – 17h00	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana <sup>1</sup>	5	Visita <i>in loco</i>

#### Parâmetros Humanos

Metabolismo – trabalho leve <sup>2</sup>	0,875	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Verão = 0,5 Clo / Inverno = 1,0 Clo	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	25 pessoas	Visita <i>in loco</i>

#### Iluminação e ganhos<sup>3</sup>

DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	15	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	9,7	
<b>Condicionamento de ar (refrigeração)<sup>3</sup></b>		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	2,6	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24	

<sup>1</sup> considerou-se os dias que há visitação ao público;

<sup>2</sup> considerou-se metade homens e metade mulheres;

<sup>3</sup> utilizou-se os parâmetros da Tabela A.8 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações não descritas anteriormente).

#### Edifício: Museu Solar Monjardim

Ocupação	Uso	Fonte
Horário de funcionamento	09h00 – 17h00	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana <sup>1</sup>	6	Visita <i>in loco</i>

#### Parâmetros Humanos

Metabolismo – trabalho leve <sup>2</sup>	0,957	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Verão = 0,5 Clo / Inverno = 1,0 Clo	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	07 pessoas	Visita <i>in loco</i>

#### Iluminação e ganhos<sup>3</sup>

DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m <sup>2</sup> )	15	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m <sup>2</sup> )	9,7	

#### Condicionamento de ar (refrigeração)

Não há

(conclusão)

<sup>1</sup> considerou-se os dias que há visitação ao público;

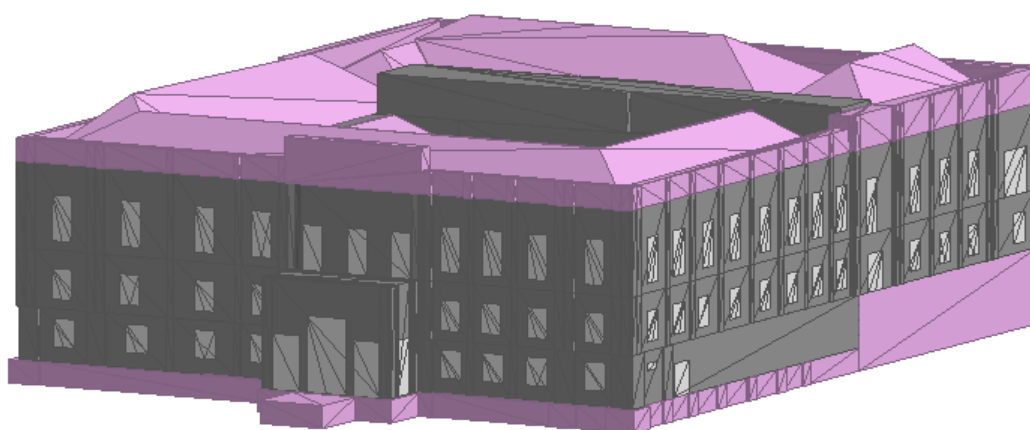
<sup>2</sup> cinco homens e duas mulheres;

<sup>3</sup> utilizou-se os parâmetros da Tabela A.8 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações não descritas anteriormente).

Fonte: a autora, com base nas referências da coluna à direita (2019).

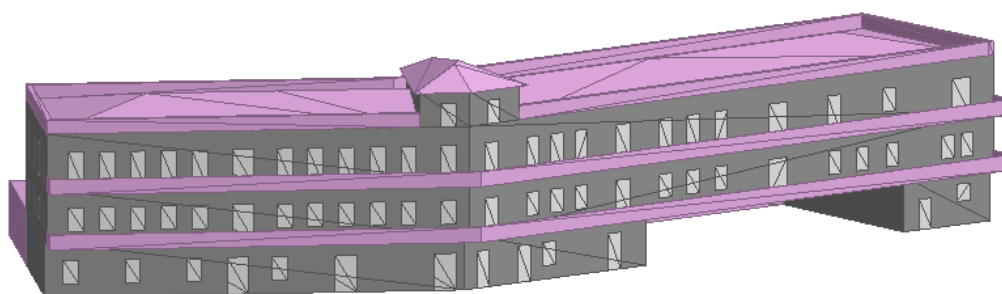
Para efeitos de simulação, o entorno imediato às edificações foi considerado, por meio da modelagem, representando o Ângulo de Obstrução Vertical (AOV), parâmetro considerado pela INI-C. No entanto, para melhor apresentar as edificações, as figuras a seguir estão sem o entorno, cujas imagens estão apresentadas nas Figuras 48, 49, 50 e 51.

Figura 48 – Modelagem do Palácio Anchieta



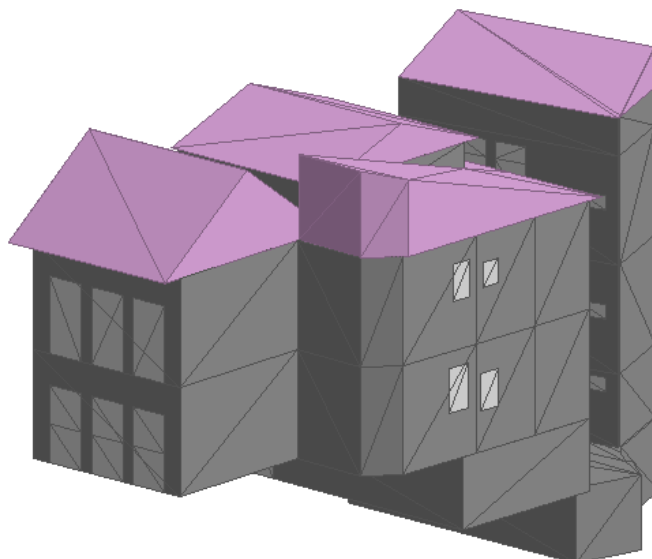
Fonte: a autora (2019).

Figura 49 – Modelagem da Escola Maria Ortiz



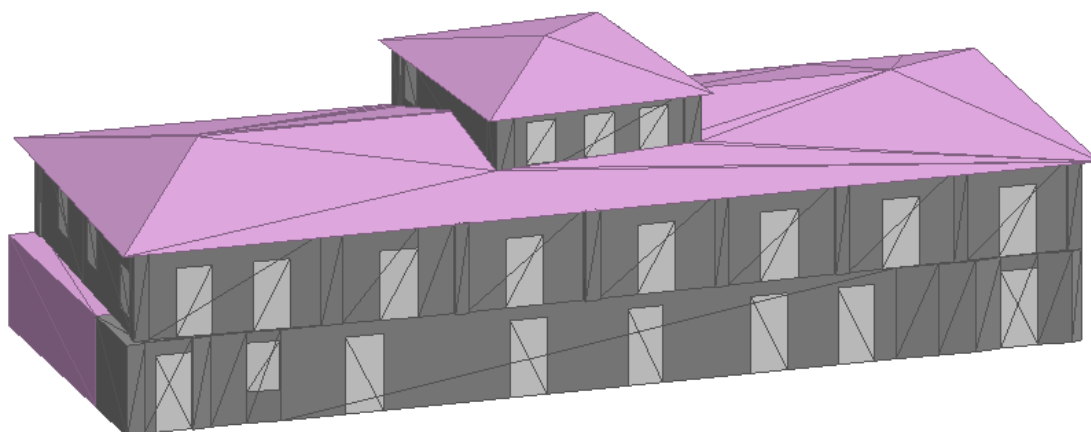
Fonte: a autora (2019).

Figura 50 – Modelagem da sede do IPHAN-ES



Fonte: a autora (2019).

Figura 51 – Modelagem do Museu Solar Monjardim



Fonte: a autora (2019).

Para que fosse realizada a calibração, foram coletados os valores de consumo de energia mensais e, posteriormente comparados aos medidos, de acordo com o critério mensal dos documentos utilizados para comparação. Os modelos foram submetidos a algumas simulações, a fim de ajustar os dados de entrada, até que se obteve o modelo real calibrado para cada edificação, de acordo com os valores apresentados nas Tabelas 22, 23, 24 e 25.

Tabela 22 – Valores dos calculados comparados aos de referência – Palácio Anchieta

(continua)		
<b>Valores de Referência</b>		
	<b>Critério mensal NMBE (%)</b>	<b>Critério mensal CV(RMSE) (%)</b>
ASHRAE	+/- 5	15



(conclusão)		
FEMP	+/- 5	15
IPMVP	+/- 20	-
Valores calculados		
	Resultado para NMBE (%)	Resultado para CV(RMSE) (%)
Palácio Anchieta	3,03	10,49

Fonte: a autora (2019).

Tabela 23 – Valores dos calculados comparados aos de referência – Escola Maria Ortiz

Valores de Referência		
	Critério mensal NMBE (%)	Critério mensal CV(RMSE) (%)
ASHRAE	+/- 5	15
FEMP	+/- 5	15
IPMVP	+/- 20	-
Valores calculados		
	Resultado para NMBE (%)	Resultado para CV(RMSE) (%)
Escola Maria Ortiz	-2,24	7,75

Fonte: a autora (2019).

Tabela 24 – Valores dos calculados comparados aos de referência – Sede do IPHAN-ES

Valores de Referência		
	Critério mensal NMBE (%)	Critério mensal CV(RMSE) (%)
ASHRAE	+/- 5	15
FEMP	+/- 5	15
IPMVP	+/- 20	-
Valores calculados		
	Resultado para NMBE (%)	Resultado para CV(RMSE) (%)
Sede do IPHAN-ES	0,87	3

Fonte: a autora (2019).

Tabela 25 – Valores dos calculados comparados aos de referência – Museu Solar Monjardim

Valores de Referência		
	Critério mensal NMBE (%)	Critério mensal CV(RMSE) (%)
ASHRAE	+/- 5	15
FEMP	+/- 5	15
IPMVP	+/- 20	-
Valores calculados		
	Resultado para NMBE (%)	Resultado para CV(RMSE) (%)
Museu Solar Monjardim	-0,80	2,78

Fonte: a autora (2019).

De acordo com as tabelas, pode-se perceber que foi possível chegar aos modelos calibrados, que por sua vez serviram como o modelo real exigido pela INI-C no método de etiquetagem por simulação. A partir deles foram criados os modelos de referência para a comparação e posteriores etiquetagens, e para os testes dos parâmetros propostos para edifícios históricos.

#### 4.5 ETIQUETAGEM PELO MÉTODO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO NA INI-C

Para a realização do procedimento de etiquetagem pelo método de simulação da INI-C, foram utilizados os modelos reais calibrados, e os modelos de referência, configurados a partir destes. Para a configuração das condições de referência dos edifícios Palácio Anchieta, sede do IPHAN-ES e Museu Solar Monjardim, foi utilizada a tabela de A.8 do Anexo A da INI-C, que engloba as tipologias de uso não descritas nas tabelas anteriores. Para a Escola Maria Ortiz, foi utilizada a Tabela A.2 do mesmo anexo, que prevê a etiquetagem de edifícios educacionais.

Após a criação das condições de referência, foram realizadas as simulações destas e dos modelos reais, que resultaram nas cargas térmicas totais anuais (kwh/ano) dos edifícios. Os resultados das simulações foram comparados por meio do processo de etiquetagem da envoltória da INI-C, que leva em consideração o Fator de Forma (FF) da edificação, e a divisão do território brasileiro em Grupos Climáticos, estando Vitória no GC 13. Os resultados dessa etapa estão apresentados nas Tabelas 26, 27, 28 e 29 a seguir.

Tabela 26 – Etiquetagem do Palácio Anchieta

<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>					
Modelo Real	326.906				
Modelo de Referência	357.563				
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>					
Fator de Forma	0,10				
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória	GC 13				
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>	0,26				
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i	30988,78				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 264596,47	> 295585,25	> 326574,02	> 357562,80
Limite Máximo	264596,47	295585,25	326574,02	357562,80	-
<b>ETIQUETA D</b>					
<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 27 – Etiquetagem da Escola Maria Ortiz

		(continua)
<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>		
Modelo Real	24.525,61	
Modelo de Referência	24.316,76	
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>		
Fator de Forma	0,21	

(conclusão)					
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória			GC 13		
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>			0,12		
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i			972,67		
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 21398,75	> 22371,42	> 23344,09	> 24316,76
Limite Máximo	21398,75	22371,42	23344,09	24316,76	-
<b>ETIQUETA E</b>					
<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 28 – Etiqueta da sede do IPHAN-ES

<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>					
Modelo Real			17.456,11		
Modelo de Referência			19.030,87		
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>					
Fator de Forma			0,46		
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória			GC 13		
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>			0,31		
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i			1966,52		
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 13131,3	> 15097,82	> 17064,35	>19030,87
Limite Máximo	13131,30	15097,82	17064,35	19030,87	-
<b>ETIQUETA D</b>					
<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 29 – Etiqueta da sede do Museu Solar Monjardim

<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>					
Modelo Real			45,66		
Modelo de Referência			57,82		
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>					
Fator de Forma			0,48		
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória			GC 13		
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>			0,31		
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i			5,97		
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 39,90	> 45,87	> 51,85	> 57,82
Limite Máximo	39,90	45,87	51,85	57,82	-
<b>ETIQUETA B</b>					
<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A					

Fonte: a autora (2019).

Analisando-se as tabelas anteriormente apresentadas, pode-se constatar que utilizando a nova proposta de etiquetagem, obtiveram-se etiquetagens

diferenciadas para os edifícios em comparação com o método prescritivo do RTQ-C. Assim, para o Palácio Anchieta e a sede do IPHAN-ES obteve-se o D; para a Escola Maria Ortiz, nível E, e para o Museu Solar Monjardim, o nível B. Ao comparar-se com os resultados da primeira etiquetagem, nota-se que os três primeiros apresentaram uma piora e o último uma melhoria, no que se refere à eficiência da envoltória.

O fato do nível de eficiência estabelecido não ter sido o mesmo para todas as edificações mostra que a retirada dos pré-requisitos limitadores no texto da INI-C, apresenta um avanço com relação à metodologia de avaliação do RTQ-C. No entanto, a criação das condições de referência determina que sejam utilizados métodos construtivos atuais (paredes de bloco de concreto de 9cm, com reboco de 2,5cm em argamassa cimentícia em ambas as faces, e cobertura em telhas de fibrocimento) para a avaliação da envoltória, o que não condiz com a realidade das edificações históricas, visto que os valores de suas propriedades térmicas são discrepantes dos métodos construtivos históricos estudados, ou seja, a pedra e cal, o tijolo cerâmico maciço e o pau a pique/tabique.

Além disso, outros valores apresentados para a configuração da condição de referência para a etiquetagem da envoltória possuem diferenças com relação a realidade construtiva dos edifícios históricos, e a proposta de parâmetros mais condizentes com o que está efetivamente construído nessas edificações, está apresentada nos resultados a seguir.

#### 4.6 PROPOSTA DE PARÂMETROS PARA ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS

A proposição dos parâmetros para edificações históricas, tomou como base os modelos de referência por tipologias de uso do texto da INI-C, que foram realizados a partir de levantamentos de dados de edificações, que apontaram para as características edilícias contemporâneas mais utilizadas no território nacional. A proposta para edifícios históricos foi realizada apenas para a etiquetagem da envoltória, onde os métodos construtivos, que são a principal diferença entre edifícios históricos e contemporâneos, possuem maior influência.

Os sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água são etiquetados a partir da eficiência dos aparelhos instalados e, considerando-se

que os edifícios históricos em uso, possuem por exemplo, aparelhos de ar condicionado e iluminação iguais aos dos edifícios contemporâneos, considerou-se que esses sistemas não fazem parte do escopo desta pesquisa.

Os parâmetros considerados para a etiquetagem da envoltória são: forma, proporção geométrica, orientação solar ( $^{\circ}$ ), pé direito (m), número de pavimentos, área por pavimento ( $m^2$ ), área total ( $m^2$ ), ângulo de sombreamento horizontal (ASH), ângulo de sombreamento vertical (ASV), porcentagem de abertura de fachada (PAF), absorvância das paredes e da cobertura ( $\alpha$ ), transmitância das paredes e da cobertura (U), fator solar (FS), capacidade térmica das paredes ( $J/m^2K$ ). Dentre os edifícios históricos analisados, pode-se constatar que:

- Forma: não foi encontrado um padrão entre as formas, sendo o Palácio Anchieta e a Escola Maria Ortiz mais regulares pois sofreram reformas consideráveis no século XX e tiveram suas paredes externas regularizadas. Já o Museu Solar Monjardim e a sede do IPHAN ainda possuem resquícios de seu formato original;
- Proporção geométrica: não foi possível constatar alguma relação comum entre as proporções dessas edificações, sendo cada uma delas particular;
- Orientação Solar: cada edificação possui uma orientação, porém essa característica não é exclusiva dos edifícios históricos;
- Pé direito: possuem diversos pés direitos, muitas vezes porque o edifício era construído aproveitando os desníveis do terreno. Dentre as edificações analisadas, a escola Maria Ortiz possui os pés direitos mais regulares entre os ambientes, o que pode ser explicado por uma mesma tipologia de uso educacional desde sua fundação;
- Número de pavimentos: todas as edificações apresentaram cerca de três pavimentos;
- Área por pavimento ( $m^2$ ) e Área total ( $m^2$ ): ambas características são particulares de cada edificação;
- Ângulo de sombreamento horizontal (ASH) e Ângulo de sombreamento vertical (ASV): são características particulares de cada edifício, porém salienta-se a ausência de elementos sombreadores em todos os edifícios,

havendo apenas o sombreamento do próprio edifício sobre ele mesmo, dependendo de seu formato;

- Porcentagem de abertura de fachada (PAF): esse parâmetro é dado pela área envidraçada da abertura sobre a área da fachada. Destaca-se que os edifícios históricos estudados possuem pouca área envidraçada em suas aberturas. Notou-se também que as PAFs aumentam conforme mais recente é a construção ou reforma considerável das fachadas;
- Fator solar (FS): parâmetro relacionado aos vidros presentes nas aberturas das envoltórias. Em todas as edificações a maior parte dos vidros são simples e incolores;
- Absortância das paredes e da cobertura ( $\alpha$ ): todos os edifícios apresentaram paredes de tons claros, ou seja, com absortâncias consideradas baixas. Já na cobertura, todas as edificações apresentam telhas cerâmicas de cor avermelhada, com absortância em torno de 60%;
- Transmitância das paredes e da cobertura (U), capacidade térmica das paredes ( $J/m^2K$ ): esses parâmetros foram calculados de acordo com os métodos construtivos e espessuras das paredes de cada edifício.

Para os parâmetros relacionados à geometria (forma, proporção geométrica, orientação solar, pé direito, número de pavimentos e áreas) propõe-se que permaneçam como nas tabelas da INI-C, utilizando-se o modelo real da edificação tanto para a condição real quanto para a de referência, visto que cada edifício possui uma forma particular, não sendo possível prever uma forma única mais utilizada.

Com relação ao Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS) e ao Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS), foram considerados iguais a  $0^\circ$ , assim como na INI-C, visto que as edificações históricas não apresentaram nenhum tipo de elemento sombreador em suas fachadas e esquadrias, apenas com a sombra do próprio edifício sobre ele mesmo, o que não pôde ser considerado um padrão, pois depende da forma da edificação. Quanto ao Ângulo de Obstrução Vertical (AOV), considerou-se a condição real para a configuração do modelo real e o de referência, visto que a maior parte dos edifícios estava localizada em áreas adensadas, cujo entorno influenciava no sombreamento.

Para a proposta do Percentual de abertura da fachada (PAF), foi realizado o cálculo da média dos valores encontrados nos quatro edifícios, que variou de 1,87% no Museu Solar Monjardim, até 38,3% na Escola Maria Ortiz, obtendo-se o valor de 21% como a médio do PAF das quatro edificações. O Percentual de Abertura Zenital (PAZ) considerado foi de 0%, assim como na INI-C, visto que esse tipo de tecnologia não foi observada nos edifícios selecionados, exceto pelo Palácio Anchieta que possui duas claraboias, que foram inseridas à sua envoltória devido às intervenções ao longo dos anos, porém não faziam parte de sua construção original.

Com relação aos componentes construtivos, foi realizado um levantamento das paredes das envoltórias dos edifícios com relação a cada método construtivo encontrado, conforme apresentado na Tabela 29. Anteriormente, na etapa de identificação das propriedades térmicas dos métodos e materiais construtivos, os valores das transmitâncias e capacidades térmicas haviam sido calculados, então, após o levantamento foi feito um diagnóstico das espessuras encontradas de cada um dos métodos construtivos, e posteriormente a média dos valores dessas propriedades térmicas.

Para as paredes de pedra e cal, o resultado da média de transmitância foi de 1,80W/m<sup>2</sup>K, e de capacidade térmica de 1585kJ/m<sup>2</sup>K. Nas vedações de pau a pique/tabique os resultados foram 1,24W/m<sup>2</sup>K para a transmitância, e de 525kJ/m<sup>2</sup>K para a capacidade térmica. Para as paredes de tijolo cerâmico maciço, o valor da média foi de 1,19W/m<sup>2</sup>K para a transmitância e 886W/m<sup>2</sup>K para a capacidade térmica.

No que se refere às absortâncias ( $\alpha$ ) das paredes da envoltória, também mostradas na Tabela 30, pode-se constatar que todos os edifícios apresentaram cores claras, sendo dois deles amarelos e dois brancos. Os valores de  $\alpha$  para os tons próximos à cor branca, começam em 0,10, com sua maioria em torno de 0,20, e os tons próximos a amarela de 0,30 a 0,35. Devido a isso, foi adotado o valor de 0,20 para a cor branca, considerando-se que essa cor está sujeita a manchas com frequência. Para o amarelo considerou-se o valor de 0,30.

Tabela 30 – Quantitativo e valores das propriedades térmicas dos métodos construtivos encontrados nas paredes da envoltória de cada edifício

(continua)					
<b>PAREDES EXTERNAS</b>					
<b>PALÁCIO ANCHIETA</b>					
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K))	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K))	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
PEDRA E CAL	69	1,76	1218	0,3	162
	101	1,34	1777	0,3	134,23
	113	1,23	1952	0,3	78,67
	124	1,15	2179	0,3	26,58
	126	1,10	2301	0,3	40,95
	133	1,05	2424	0,3	93,35
	150	0,99	2633	0,3	59
	<b>TOTAL</b>				
TIJOLO CERÂMICO MACIÇO	30	1,91	362	0,3	5,76
	45	1,42	529	0,3	46,8
	57	1,17	662	0,3	36
	67	1,03	774	0,3	11,44
	70	0,99	807	0,3	25,61
	74	0,93	863	0,3	106,41
	82	0,86	941	0,3	91,7
	84	0,85	963	0,3	83,2
	86	0,83	985	0,3	261,52
	90	0,80	1030	0,3	215,42
	92	0,78	1052	0,3	86,19
	96	0,75	1096	0,3	95,59
	98	0,74	1119	0,3	126,32
	100	0,73	1141	0,3	227,51
	102	0,71	1163	0,3	241,2
	106	0,69	1208	0,3	161,6
	110	0,67	1252	0,3	186,03
	113	0,65	1286	0,3	338,31
	120	0,62	1364	0,3	56,76
	126	0,59	1430	0,3	81,04
130	0,57	1475	0,3	112,18	
133	0,56	1508	0,3	24,54	
138	0,54	1564	0,3	18,75	
150	0,50	1697	0,3	109,62	
157	0,48	1775	0,3	59,5	
193	0,40	2176	0,3	37,73	
<b>TOTAL</b>					<b>2976,73m<sup>2</sup></b>
<b>ESCOLA MARIA ORTIZ</b>					
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K))	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K))	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
TIJOLO CERÂMICO MACIÇO	30	1,95	368	0,3	47,08
	32	1,82	390	0,3	111,28
	35	1,75	424	0,3	38,52
	37	1,68	447	0,3	12,3
	40	1,58	481	0,3	520,45
	44	1,47	526	0,3	27,82
	50	1,33	594	0,3	56,5
	54	1,25	640	0,3	652,27
	60	1,15	708	0,3	445,85
	70	1,01	753	0,3	95,02



					(conclusão)
	77	0,93	901	0,3	115,13
<b>TOTAL</b>					<b>2122,22m<sup>2</sup></b>
<b>IPHAN (Edifício Original)</b>					
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K)	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K)	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
PAU A PIQUE	15	2,02	197	0,2	50,85
	17	1,87	226	0,2	54,11
	20	1,71	269	0,2	42,1
	30	1,29	412	0,2	60,97
	40	1,03	554	0,2	60,51
	47	0,91	654	0,2	43,92
	50	0,86	697	0,2	86,29
	55	0,80	768	0,2	5,14
	59	0,75	823	0,2	53,87
	63	0,71	883	0,2	34,61
75	0,61	1054	0,2	83,44	
<b>TOTAL</b>					<b>575,81m<sup>2</sup></b>
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K)	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K)	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
TIJOLO CERÂMICO MACIÇO	30	1,95	367,59	0,2	17,28
	40	1,58	481,16	0,2	107,52
	50	1,33	594,73	0,2	46,88
	75	0,91	889,2	0,2	52,48
<b>TOTAL</b>					<b>224,16</b>
<b>IPHAN (Edifício Anexo)</b>					
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K)	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K)	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
TIJOLO CERÂMICO FURADO	15	2,46	150	0,2	-
Todas as paredes do Anexo possuem este método construtivo					
<b>Edifício: SOLAR MONJARDIM</b>					
	Esp. (cm)	Transmitância (W/(m <sup>2</sup> .K)	Capacidade térmica (kJ/(m <sup>2</sup> .K)	Absortância	Qtd (m <sup>2</sup> )
PAU A PIQUE/TABIQUE	15	2,02	197	0,2	44,69
	22	1,58	297	0,2	4,58
	<b>TOTAL</b>				
PEDRA E CAL	15	3,72	275	0,2	7,98
	24	3,14	432	0,2	57,25
	37	2,56	659	0,2	119,5
	<b>TOTAL</b>				
TIJOLO CERÂMICO MACIÇO	14	3,09	186	0,2	79,15
	17	2,78	220	0,2	43,85
	19	2,61	243	0,2	44,07
	21	2,46	265	0,2	7,53
	26	2,15	322	0,2	5,1
	<b>TOTAL</b>				

Fonte: a autora (2019).

Se forem comparados os valores das propriedades térmicas encontrados com os determinados pelas tabelas do INI-C, que utilizam método construtivo atual,

é possível perceber que há diferenças significativas com relação aos valores, o que se deve principalmente ao tipo de material construtivo e à espessura das paredes, que possuem grande massa térmica e menor transmitância.

Foi realizado um diagnóstico das composições de coberturas utilizadas nos edifícios, mostrado na Tabela 31, e constatou-se que os quatro edifícios apresentaram telhas cerâmicas, diferentemente do parâmetro da INI-C que adota a telha de fibrocimento para todas as condições de referência. Os valores das transmitâncias e capacidades térmicas das composições foram calculados, e foram excluídos os edifícios que possuíam lajes de concreto, pois esse elemento foi incorporado às edificações posteriormente.

Para determinação da condição de referência considerou-se os mais utilizados, com transmitância de  $1,52\text{W/m}^2\text{K}$ , e de capacidade térmica de  $107\text{kJ/m}^2\text{K}$ . Com relação às absortâncias, todas elas apresentaram tons avermelhados semelhantes, e essas cores possuem absortâncias em torno de 0,60, que corresponde ao valor considerado.

Tabela 31 – Identificação e valores das propriedades térmicas dos métodos construtivos encontrados nas coberturas de cada edifício

(continua)	
<b>TRANSMITÂNCIAS E CAPACIDADES TÉRMICAS DAS COBERTURAS</b>	
<b>PALÁCIO ANCHIETA</b>	
Composição da cobertura	Cerâmica/barro/telha (7cm) + Camada de ar >5 cm + Concreto/laje (18cm)
Transmitância = $1,61\text{W/m}^2\text{K}$	
Capacidade Térmica = $460,4\text{kJ/m}^2\text{K}$	
<b>MARIA ORTIZ</b>	
Composição da cobertura	Cerâmica/barro/telha (7cm) + Camada de ar >5 cm + Madeira/forro (4cm)
Transmitância = $1,52\text{W/m}^2\text{K}$	
Capacidade Térmica = $107,28\text{kJ/m}^2\text{K}$	
<b>IPHAN (Edifício Original)</b>	
Composição da cobertura	Cerâmica/barro/telha (7cm) + Camada de ar >5 cm + Madeira/forro (2cm)
Transmitância = $1,69\text{W/m}^2\text{K}$	
Capacidade Térmica = $85,84\text{kJ/m}^2\text{K}$	
<b>IPHAN (Edifício Anexo)</b>	
Composição da cobertura	Cerâmica/barro/telha (7cm) + Camada de ar >5 cm + Concreto/laje (11cm)
Transmitância = $1,72\text{W/m}^2\text{K}$	
Capacidade Térmica = $306,4\text{kJ/m}^2\text{K}$	
<b>SOLAR MONJARDIM</b>	
Composição da cobertura	Cerâmica/barro/telha (7cm) + Camada de ar >5 cm + Madeira/forro (4cm)
Transmitância dos ambientes sem forro = $3,22\text{W/m}^2\text{K}$	
Transmitância dos ambientes com forro = $1,52\text{W/m}^2\text{K}$	

(conclusão)
Capacidade Térmica dos ambientes sem forro = 64,4kJ/m <sup>2</sup> K
Capacidade Térmica dos ambientes com forro = 107,28kJ/m <sup>2</sup> K

Fonte: a autora (2019).

O fator solar para os vidros das esquadrias, foi o de 0,87 que é o de pior desempenho, pois considerou-se que os vidros das esquadrias, exceto as que foram substituídas mais recentemente, eram feitos sem as tecnologias disponíveis recentemente, que são capazes de diminuir o fator solar. Além de serem vidros simples, incolores e de mínima espessura. A transmitância considerada foi a de 5,7W/m<sup>2</sup>K, de acordo com o Catálogo de Propriedades Térmicas (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013).

A partir dos dados citados anteriormente, para a proposta de parâmetros para etiquetagem da envoltória de edifícios históricos, foi criada a Tabela 32, baseada nas tabelas do Anexo A da INI-C, a qual propõe que seja realizada considerando o método construtivo predominante nas paredes da envoltória, e não o uso da edificação, como é a proposta atual. Salienta-se que para a criação das condições de referência para a etiquetagem dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água, propõe-se a continuidade na utilização das tabelas por uso, pois estas configurações estão condicionadas aos equipamentos utilizados, e não aos métodos construtivos empregados.

A tabela prevê a criação de uma condição real e outra de referência, assim como propõe a INI-C, no entanto, o modelo de referência deve ser definido de acordo com o método construtivo predominante na envoltória da edificação. Por tratarem-se de edificações históricas, e com base no levantamento de dados desta pesquisa, foram propostos parâmetros para envoltórias de pedra e cal, pau a pique/tabique e tijolo cerâmico maciço, considerando os dados coletados na cidade de Vitória-ES.

Tabela 32 – Valores de referência para edificações históricas

(continua)		
Método Construtivo	Pedra e Cal	
	Condição Real	Condição de Referência
<b>Geometria</b>		
Forma		Condição Real
Orientação Solar (°)		Condição Real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição Real

(continuação)

<b>Aberturas</b>		
PAF – Percentual de abertura da fachada (%)	Condição Real	21
PAZ – Percentual de abertura zenital (%)	Condição Real	0
<b>Componentes Construtivos</b>		
<i>Paredes externas</i>	Condição Real	Argamassa externa (2,5cm), pedra e cal (62cm), argamassa externa (2,5cm)
Upar – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,80
α PAR – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,3
Ctpar – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1585
<i>Cobertura</i>	Condição Real	Telha de barro, câmara de ar (>5cm) e forro de madeira (4cm)
Ucob – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,52
αCOB – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,6
Ctcob – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	107
<i>Vidro</i>	Condição Real	Vidro simples incolor 3mm
FS – Fator solar (adimensional)	Condição Real	0,87
Uvid – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	5,7
AHS – Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição Real	0
AVS – Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição Real	0
AOV – Ângulo de obstrução vertical (°)	Condição Real	Condição Real
<b>Método Construtivo</b>	<b>Pau a pique/tabique</b>	
	<b>Condição Real</b>	<b>Condição de Referência</b>
<b>Geometria</b>		
Forma	Condição Real	
Orientação Solar (°)	Condição Real	
Pé-direito ( piso a teto) (m)	Condição Real	
<b>Aberturas</b>		
PAF – Percentual de abertura da fachada (%)	Condição Real	21
PAZ – Percentual de abertura zenital (%)	Condição Real	0
<b>Componentes Construtivos</b>		
<i>Paredes externas</i>	Condição Real	Argamassa externa (2cm), pau a pique/tabique (27cm), argamassa externa (2cm)
Upar – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,24
α PAR – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,3
Ctpar – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	525
<i>Cobertura</i>	Condição Real	Telha de barro, câmara de ar (>5cm) e forro de madeira (4cm)
Ucob – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,52
αCOB – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,6
Ctcob – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	107
<i>Vidro</i>	Condição Real	Vidro simples incolor 3mm
FS – Fator solar (adimensional)	Condição Real	0,87
Uvid – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	5,7
AHS – Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição Real	0
AVS – Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição Real	0
AOV – Ângulo de obstrução vertical (°)	Condição Real	Condição Real
<b>Método Construtivo</b>	<b>Tijolo cerâmico maciço</b>	

	(conclusão)	
	Condição Real	Condição de Referência
<b>Geometria</b>		
Forma	Condição Real	
Orientação Solar (°)	Condição Real	
Pé-direito (piso a teto) (m)	Condição Real	
<b>Aberturas</b>		
PAF – Percentual de abertura da fachada (%)	Condição Real	21
PAZ – Percentual de abertura zenital (%)	Condição Real	0
<b>Componentes Construtivos</b>		
<i>Paredes externas</i>	Condição Real	Argamassa externa (2cm), tijolo cerâmico maciço (52cm), argamassa externa (2cm)
Upar – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,19
αPAR – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,3
Ctpar – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	886
<i>Cobertura</i>	Condição Real	Telha de barro, câmara de ar (>5cm) e forro de madeira (4cm)
Ucob – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	1,52
αCOB – Absortância (adimensional)	Condição Real	0,6
Ctcob – Capacidade térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	107
<i>Vidro</i>	Condição Real	Vidro simples incolor 3mm
FS – Fator solar (adimensional)	Condição Real	0,87
Uvid – Transmitância (W/m <sup>2</sup> K)	Condição Real	5,7
AHS – Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição Real	0
AVS – Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição Real	0
AOV – Ângulo de obstrução vertical (°)	Condição Real	Condição Real

Fonte: a autora (2019).

Após a definição da tabela para etiquetagem de edifícios históricos, os parâmetros propostos foram testados por meio de um novo processo de avaliação da eficiência da envoltória, seguindo os passos da avaliação proposta pela INI-C, porém utilizando os parâmetros propostos para a obtenção das condições de referência.

#### 4.6.1 Teste dos parâmetros de etiquetagem propostos

Conforme citado anteriormente, para aplicação dos parâmetros propostos, foi necessário identificar quais eram os métodos construtivos predominantes na envoltória de cada um dos edifícios. Para o Palácio Anchieta, identificou-se a predominância do uso do tijolo cerâmico maciço, assim como na Escola Maria Ortiz. Na sede do IPHAN-ES, o método mais utilizado na envoltória foi o pau a pique juntamente com o Tijolo cerâmico maciço, no entanto, para efeito de testes dos materiais foi adotado o pau a pique, e no Museu Solar Monjardim a pedra e

cal. Com isso, pode-se definir, de acordo com as técnicas construtivas, qual o trecho da tabela seria utilizado em cada um dos edifícios.

Após essa definição, foi realizada a configuração do modelo de referência para os edifícios, partindo-se novamente do modelo real calibrado, utilizado também para a etiquetagem com o método proposto na INI-C. Para a configuração dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, foi utilizada a tabela A.8 do Anexo A da INI-C, que engloba as tipologias de uso não descritas nas tabelas anteriores, para os edifícios Palácio Anchieta, sede do IPHAN-ES e Museu Solar Monjardim. Para a Escola Maria Ortiz, foi utilizada a Tabela A.2 do mesmo anexo, que prevê a etiquetagem de edifícios educacionais. Foi realizado então, o novo procedimento de etiquetagem, mostrado nas Tabelas 33, 34, 35 e 36.

Tabela 33 – Etiquetagem do Palácio Anchieta

1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)					
Modelo Real	326.906				
Modelo de Referência	360.879				
2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)					
Fator de Forma	0,10				
3º Passo: Determinação do Grupo Climático					
Vitória	GC 13				
4º Passo: Determinação do CRCgT <sub>D-A</sub> <sup>1</sup>					
CRCgT <sub>D-A</sub>	0,26				
5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"					
i	31.276,189				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 267050,46	> 298326,64	> 329602,82	> 360879
Limite Máximo	267050,46	298326,64	329602,82	360879	-
ETIQUETA C					
<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A					

Fonte: a autora (2019).

Tabela 34 – Etiquetagem da Escola Maria Ortiz

(continua)					
1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)					
Modelo Real	24.525,61				
Modelo de Referência	23.134,5				
2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)					
Fator de Forma	0,21				
3º Passo: Determinação do Grupo Climático					
Vitória	GC 13				
4º Passo: Determinação do CRCgT <sub>D-A</sub> <sup>1</sup>					
CRCgT <sub>D-A</sub>	0,12				
5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"					
i	925,38				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 20358,36	> 21283,74	> 22209,12	> 23134,5
Limite Máximo	20358,36	21283,74	22209,12	23134,50	-

(conclusão)
<b>ETIQUETA E</b>

<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A

Fonte: a autora (2019).

Tabela 35 – Etiketagem da sede do IPHAN-ES

<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>					
Modelo Real	17.456,11				
Modelo de Referência	16559,6				
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>					
Fator de Forma	0,46				
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória	GC 13				
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>	0,31				
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i	1773,45				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 11426,12	> 13137,28	> 14848,44	>16559,6
Limite Máximo	11426,12	13137,28	14848,44	16559,60	-

**ETIQUETA E**

<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A

Fonte: a autora (2019).

Tabela 36 – Etiketagem da sede do Museu Solar Monjardim

<b>1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)</b>					
Modelo Real	45,66				
Modelo de Referência	51,95				
<b>2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)</b>					
Fator de Forma	0,48				
<b>3º Passo: Determinação do Grupo Climático</b>					
Vitória	GC 13				
<b>4º Passo: Determinação do CRCgT<sub>D-A</sub><sup>1</sup></b>					
CRCgT <sub>D-A</sub>	0,31				
<b>5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"</b>					
i	5,37				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	=	> 35,85	> 41,21	> 46,58	> 57,82
Limite Máximo	35,85	41,21	46,58	51,95	=

**ETIQUETA C**

<sup>1</sup> Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A

Fonte: a autora (2019).

A comparação entre a etiquetagem com a INI-C e com os parâmetros propostos está apresentada na Quadro 10.

Quadro 10 – Comparação entre as etiquetagens do INI-C e dos parâmetros propostos

(continua)		
Edifício	Resultados INI-C	Resultados Parâmetros Propostos
Palácio Anchieta	Etiqueta D	Etiqueta C
Escola Maria Ortiz	Etiqueta E	Etiqueta E

		(conclusão)
Sede do IPHAN-ES	Etiqueta D	Etiqueta E
Museu Solar Monjardim	Etiqueta B	Etiqueta C

Fonte: a autora (2020).

Para a etiquetagem do Palácio Anchieta, utilizou-se o trecho da tabela proposta que tem o tijolo cerâmico maciço como parâmetro, obtendo-se a etiqueta C como nível de eficiência energética. Ao comparar-se com a etiquetagem anterior, onde foi adotada a proposta da INI-C, e o resultado foi a etiqueta D, nota-se que houve uma melhoria.

Já a Escola Maria Ortiz, na qual também foi utilizado o tijolo cerâmico maciço como parâmetro, obteve resultados semelhantes aos da etiquetagem anterior, apresentando uma leve piora com relação à condição de referência.

O edifício sede do IPHAN, no qual foi utilizado o trecho da tabela referente ao pau a pique/tabique como parâmetro, também apresentou uma piora na etiquetagem, passando da etiqueta D no procedimento anterior para a E, utilizando-se o parâmetro da etiquetagem com as técnicas históricas. Assim como o Museu Solar Monjardim, no qual foi utilizado o trecho referente à pedra e cal como parâmetro, e apresentou uma piora da etiqueta B para a C, com o uso do novo procedimento.

Com relação aos edifícios que apresentaram resultados piores, essa diferença pode ser explicada por alguns fatores. Primeiramente, a utilização dos métodos construtivos históricos impactou diretamente nas propriedades térmicas dos materiais da condição de referência. A transmitância das paredes externas, para os três métodos estudados, resultou em valores menores do que na proposta do INI-C, e a capacidade térmica em valores maiores. Essas propriedades influenciam diretamente na transmissão de calor para o interior da edificação, pois se a transmitância é menor, a resistência térmica é maior, e se a capacidade térmica é maior, a massa térmica e o atraso térmico são maiores.

Pode-se dizer então, que a condição de referência proposta de acordo com os métodos construtivos históricos, resulta em modelos de referência mais eficientes do que na proposta da INI-C, que conseqüentemente resultam em menor carga térmica total, e quando a comparação é feita com o modelo real, tendem a piorar o desempenho energético da edificação, pois aumentam o nível



de comparação, visto que os métodos construtivos históricos possuem melhor desempenho do que os atuais propostos na INI-C.

No entanto, para que a edificação tenha um nível elevado de eficiência, não basta apresentar esses materiais, os outros parâmetros como a ventilação adequada, por exemplo, precisam estar projetados de forma a garantir o desempenho da envoltória, por meio da diminuição da carga térmica total. Um desses parâmetros de influência é o percentual de abertura da fachada (PAF), que está ligado a piora da etiquetagem da Escola Maria Ortiz, por exemplo. Este edifício foi o que apresentou o maior percentual de abertura da fachada (PAF), sendo a edificação com maior área envidraçada com relação a área da fachada, dentre os selecionados.

Na proposta da INI-C o parâmetro do PAF era de 40% para edifícios educacionais e de 60% nas demais edificações estudadas, e na proposta da pesquisa esse valor foi diminuído para 21% (média entre os PAFs das quatro edificações estudadas), pois os edifícios históricos possuem menores áreas envidraçadas. Assim, quando foi feita a configuração do modelo de referência com um PAF menor que o da edificação real, os resultados de carga térmica total diminuíram, e quando foi realizada a comparação entre o real e o de referência, o primeiro apresentou uma piora em relação ao segundo, permitindo-se inferir que, quanto maior a área envidraçada, pior será o desempenho do edifício, para as condições climáticas estudadas, caso as paredes e cobertura não sejam capazes de dissipar o calor adquirido, e as aberturas não proporcionem ventilação permanente.

Outros parâmetros de influência são as propriedades térmicas da cobertura, que foram estabelecidas de acordo com a ocorrência nos edifícios e com os elementos construtivos. No caso do Museu Solar Monjardim, um dos motivos para a piora na etiquetagem pode ser esse parâmetro, pois grande parte da cobertura do edifício não possui forro, o que eleva sua transmitância e diminui a sua capacidade térmica, fazendo com que a edificação seja menos resistente à transmissão de calor pela cobertura e elevando sua carga térmica. Com a criação de uma condição de referência com parâmetros mais eficientes, quando a comparação é feita, o modelo inicial acaba se apresentando menos eficiente.

Para a etiquetagem do edifício sede do IPHAN, foi considerado o Anexo, pois como eles são conectados por passarelas, acontecem trocas térmicas entre as edificações. No entanto, para a etiquetagem utilizando os parâmetros da INI-C, a condição de referência foi criada utilizando-se os mesmos parâmetros para toda a edificação. Para a etiquetagem com os parâmetros propostos, foi considerada a tabela proposta para o edifício original, e para o anexo e as passarelas continuou-se adotando os parâmetros da INI-C, visto que são construções novas que utilizam métodos construtivos atuais, e não fazia sentido compará-los ao pau a pique/tabique.

A piora na etiquetagem desse edifício está relacionada às trocas térmicas entre a edificação original e o anexo, e ao fato de que a construção nova possui métodos construtivos menos eficientes. Além disso, os dois interligam-se por meio de passarelas envidraçadas, sem ventilação, e com coberturas de chapas de aço, materiais que não apresentam bloqueio às cargas térmicas. O edifício original possui também grande parte da sua envoltória alterada, com espessuras diminuídas por escavações, reduzindo sua massa térmica.

O Palácio Anchieta foi o único entre os edifícios, que apresentou uma melhoria com relação a etiquetagem anterior, que utilizou os parâmetros da INI-C. Isso deve-se ao fato de que as propriedades térmicas dos materiais utilizados para a condição de referência, possuem maior proximidade com os materiais utilizados na edificação real. Além disso, se comparado à Escola Maria Ortiz, que foi submetida ao mesmo trecho da tabela proposta, de tijolo cerâmico maciço, obteve etiqueta E, o Palácio possui paredes mais espessas na envoltória, e um pátio interno que auxilia na ventilação cruzada nos ambientes, fatores que influenciam na retirada da carga térmica da edificação.

De um modo geral, a proposta de parâmetros para etiquetagem de edifícios históricos mostrou-se positiva, alterando os limites de eficiência. A tabela proposta prevê três trechos de acordo com os métodos construtivos estudados. As condições de referência criadas culminam por aumentar a eficiência dos modelos de referência, porque os métodos construtivos históricos possuem melhor desempenho, se comparados com os propostos na INI-C.

Assim, quando é realizada a comparação entre a condição real e a de referência criada, o edifício real precisa obter níveis maiores de desempenho, ou seja, menores cargas térmicas, para serem considerados mais eficientes, caso contrário, recebem etiquetas inferiores, como aconteceu com três dos prédios estudados, exceto no Palácio Anchieta.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foram utilizadas as etiquetagens de eficiência para edificações comerciais, de serviços e públicas, contidas no RTQ-C e na INI-C, sendo a primeira delas vigente e a segunda proposta, já tendo sido submetida à consulta pública e encontra-se em revisão. Além delas, utilizou-se a etiquetagem proposta pela pesquisa, baseada no texto novo da INI-C, e que considera as edificações históricas e seus métodos construtivos particulares.

Primeiramente foi utilizado o método prescritivo do RTQ-C, apontado por autores como Vieira *et al.* (2019), por exemplo, como o menos fiel as características da edificação que influenciam em seu desempenho térmico. Posteriormente, para a análise proposta da INI-C, foi obtida a carga térmica relacionada a envoltória dos casos real e de referência, por meio do método de simulação, para que fosse possível calcular os limites entre as classes de eficiência energética e a classificação da eficiência energética dos edifícios. Após esta etapa foi realizada uma nova etiquetagem, utilizando-se os parâmetros relacionados aos edifícios históricos, elaborados a partir do levantamento de dados realizados sobre as edificações selecionadas no recorte.

Nos três procedimentos adotados foram verificadas etiquetagens diferenciadas, sendo o do RTQ-C considerado o menos realista, em decorrência a uma série de pré-requisitos dispostos no regulamento, relacionados às propriedades térmicas dos elementos da envoltória, a etiqueta acabou sendo limitada ao nível C para todas as edificações, além deste método não permitir a inserção de dados fundamentais para o desempenho da edificação, como a orientação solar.

Os resultados da etiquetagem proposta pela INI-C, apresentaram uma melhoria em relação ao RTQ-C, pois permitiram a entrada mais realista das configurações dos edifícios. No entanto, como a condição de referência adotada nesse método é baseada no uso da edificação, as propriedades dos materiais propostos para a criação do modelo de referência se distanciam da realidade dos edifícios históricos. Por isso, a etiquetagem utilizando os parâmetros propostos na pesquisa, mostrou-se mais eficiente com a relação à criação de um modelo de

referência, com valores de propriedades térmicas baseados nos métodos construtivos históricos, o que gerou uma etiquetagem mais condizente.

Considerou-se que os objetivos propostos foram atendidos, e sabendo-se que a promoção da eficiência energética e o aumento da oferta interna de energia, estão sendo cada vez mais, inseridos nos centros de estudo e nas discussões junto à sociedade, destaca-se a importância da pesquisa e suas contribuições para um possível aprimoramento do método de etiquetagem de edificações proposto no texto da INI-C, que ainda não está vigente. Além disso, observa-se a possível aplicação da pesquisa para a criação dos parâmetros para edificações históricas a nível nacional, considerando os sistemas construtivos mais recorrentes nas edificações históricas.

### 5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

No decorrer da pesquisa, foram encontrados alguns fatores limitantes:

- A dificuldade em encontrar os dados para o levantamento das edificações, devido a descentralização das informações, e a necessidade de autorizações para acesso as informações nos diversos setores. Vários dados construtivos são necessários, e muitas vezes não estão disponíveis facilmente.
- Os resultados apresentados devem ser considerados o retrato de uma tendência, e não como valores absolutos, uma vez que se baseiam em edificações de apenas uma cidade brasileira, devendo ser estendidos para as demais cidades.

### 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir das limitações apresentadas, sugere-se a extensão da pesquisa para as demais cidades brasileiras de forma a criar uma tabela para a INI-C que abarque todas as principais técnicas construtivas históricas pelo Brasil.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3ENCULT. Technical guidance on energy efficient renovation of historic buildings. 2010. Disponível em: <[http://www.3encult.eu/en/deliverables/Documents/WP3\\_D3.6\\_20130527\\_P21\\_Technical\\_guide\\_EE\\_options\\_for\\_local\\_governments.pdf](http://www.3encult.eu/en/deliverables/Documents/WP3_D3.6_20130527_P21_Technical_guide_EE_options_for_local_governments.pdf)>. Acesso em: 14 ago. 2018.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). *Guideline 14-2014, Measurement of Energy and Demand Savings*; Technical Report; American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers: Atlanta, GA, USA, 2014.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. What's the cost and what will the owner receive? 2015. Disponível em: <<http://buildingenergyquotient.org/>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- ARUMAGI, E.; KALAMEES, T. Analysis of energy economic renovation for historic wooden apartment buildings in cold climate. **Applied Energy**, Itália, v. 115, p. 540-548, 2014.
- ASCIONE, F.; ROSSI, F. de.; VANOLI, G. P. Energy retrofit of historical buildings: theoretical and experimental investigations for the modelling of reliable performance scenarios. **Energy and Buildings**, vol. 43, n. 8, p. 1925-1936. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220**: 1-5 Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575**: 1-6 Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO – ABRVA. CONSULTA PÚBLICA – NOVO RTQ-C DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM PARA EDIFÍCIOS – PBE EDIFICA – 12/09. 2018. Disponível em: <<https://abrva.com.br/consulta-publica-novo-rtq-c-do-programa-brasileiro-de-etiquetagem-para-edificios-pbe-edifica-12-09/>>. Acesso em: 15 set. 2019.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID. Conjunto de dados: base de dados de energia. 2019. Disponível em: <<https://www.iadb.org/es/temas/energia/base-de-datos-de-energia/base-de-datos-de-energia,19144.html?view=v11%3E>>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- BANNISTER, P. NABERS: Lessons from 12 Years of Performance Based Ratings in Australia. Energy Systems Laboratory. 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1969.1/148920>>. Acesso em: 18 out. 2018.
- BARATTO, R. Governo torna obrigatório que edifícios públicos federais sejam energeticamente eficientes. 2014. Disponível em: <[http://www.archdaily.com.br/br/623839/governo-torna-obrigatorio- que-](http://www.archdaily.com.br/br/623839/governo-torna-obrigatorio-que-)>

edificios-publicos-federais-sejam-energeticamente-eficientes>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BAVARESCO, M. V.; GHISI, E. Métodos de avaliação de eficiência energética por consumo global e energia primária. 2016. Disponível em: <[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602\\_Bavaresco\\_Ghisi.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/downloads/201602_Bavaresco_Ghisi.pdf)> Acesso em: 15 set. 2019.

BERNARDI, A. L. Palácio Anchieta: o restauro de uma imagem. 1ª edição. Vitória –ES: Faculdade de Música do Espírito Santo Maurício de Oliveira, 2012.

BHATIA, A.; MATHUR, J.; GARG, V. Calibrated simulation for estimating energy savings by the use of cool roof in five Indian climatic zones. **Journal Renewable Sustainable Energy**, vol. 3. 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas. 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Ener%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863>>. Acesso em: 19 out. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. PROJETO 3E – Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/10577-p-r-o-j-e-t-o-3e>> Acesso em: 08 out. 2017.

BRASIL. Lei nº 8631, de 4 de março de 1993. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 1993. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 9478, de 6 de agosto de 1997. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Decreto nº 3330, de 6 de janeiro de 2000. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Decreto nº 4059, de 19 de dezembro de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 2, de 2 de junho de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Artigo 216, de 05 de outubro de 1988. **Constituição Federal**. Disponível em:

<[https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/CON1988\\_05.10.1988/art\\_216\\_.asp](https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/CON1988_05.10.1988/art_216_.asp)>. Acesso em: 02 dez. 2018.

BUILDING PERFORMANCE INSTITUTE EUROPE – BPIE. Europe's buildings under the microscope: A country-by-country review of the energy performance of buildings. 2011. Disponível em: <[http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR\\_EU\\_B\\_under\\_microscope\\_study.pdf](http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf)>. Acesso em: 16 set. 2018.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. **Ambiente Construído**, vol. 10, n. 2. 2010.

CARVALHO, A. R.; KREBS, L. F.; CUNHA, E. G.; OLIVEIRA, A. L. C.; SILVA, A. C. S. B. Estudo piloto sobre aplicação da normativa ENERPHIT em um edifício histórico de Pelotas, RS. XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído – ELACAC, 2019, João Pessoa. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <[file:///C:/Users/Perovano/Downloads/Enerphit\\_rev\\_final\\_com\\_autores.pdf](file:///C:/Users/Perovano/Downloads/Enerphit_rev_final_com_autores.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2019.

CARVALHO, J. A. O colégio e as Residências dos Jesuítas no Espírito Santo. Rio de Janeiro: Expressão Cultura. 1982.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – CB3E. Introdução ao novo método de avaliação do pbe edifica. Florianópolis: CB3E, 2017. 16 slides. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/1%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20ao%20novo%20m%C3%A9todo.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

CHIDIAC, S. E.; CATANIA, E. J. C.; MOROFSKY, E.; FOO, S. A screening methodology for implementing cost effective energy retrofit measures in Canadian office buildings. **Energy and Buildings**, vol. 43, n. 2-3, p. 614-620. 2011.

CIRAMI, S.; EVOLA, G.; GAGLIANO, A.; MARGANI, G. Thermal and economic analysis of renovation strategies for historic buildings in 150éculo150cia150an area. **Buildings**, Itália, v. 7, n. 6, p. 60, 2017.

COHENCA, D. Estudio de alternativas para mejorar la 150éculo150cia energética ver viviendas unifamiliares 150éculo150cia departamento central, Paraguay. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v.3, n. 2. 2010.

COMISSIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. Monitoreando la 150éculo150cia energética ver América Latina. 2016. Disponível em: <[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40505/1/S1600876\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40505/1/S1600876_es.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2018.

CORNARO, C.; PUGGIONI, V. A.; STROLLO, R. M. Dynamic simulation and on-site measurements for energy retrofit of complex historic buildings: Villa



Mondragone case study. **Journal of building engineering**, Itália, v. 6, p. 17-28, 2016.

CORPORACION ANDINA DE FOMENTO – CAF. Energía: ver visión sobre los retos y oportunidades ver América Latina y el Caribe. 2013. Disponível em: <[https://www.caf.com/\\_custom/static/agenda\\_energia/assets/caf\\_agenda\\_energiat5\\_eficiencia.pdf](https://www.caf.com/_custom/static/agenda_energia/assets/caf_agenda_energiat5_eficiencia.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2019

COSTA, E. B. Patrimônio e território urbano em cartas patrimoniais do século XX. **Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia**, n. 93. 2012.  
DESIGN BUILDER SOFTWARE LTDA. Design Builder, 2018. Disponível em: <<https://designbuilder.co.uk/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

DIAS, F. V. **O pátio jesuítico no Palácio Anchieta: narrativas tipomorfológicas e paisagísticas na cidade de Vitória (ES)**. 2014. 248f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo.

DE VECCHI, R. **Parâmetros** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <brunapsirtuli@gmail.com> em 12 set. 2019.

DESIGNBUILER SOFTWARE LTDA. Software. 2018. Disponível em: <<https://designbuilder.co.uk/software/product-overview>>. Acesso em: 30 jul. 2018.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. International Performance Measurement and Verification Protocol: Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings, Volume I; Technical Report; Efficiency Valuation Organization: Washington, DC, USA, 2012.

ELETROBRAS. PROCEL EDIFICA: Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 28 out. 2018.

ELETROBRAS. Resultados PROCEL 2019. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2019/Procel\\_rel\\_2019\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2019/Procel_rel_2019_web.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2020.

ELETROBRAS. Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico. Volume 1. 2010. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/files/files/casaeficiente/vol%20I-WEB.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional – VER. Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Plano Nacional de Energia 2030. 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sitespt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/Publicac>

oesArquivos/publicacao165/topico173/PNE%202030%20%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

ENERDATA. Global Energy Statistical Yearbook 2019. 2020. Disponível em: <<https://yearbook.enerdata.net/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ENGLISH HERITAGE. Building Regulations and Historic Buildings: Balancing the needs for energy conservation with those of building conservation: an Interim Guidance Note on the application of Part L. 2004. Disponível em: <[https://castle-surveyors.co.uk/Building\\_Regulations\\_and\\_Historic\\_Buildings.pdf](https://castle-surveyors.co.uk/Building_Regulations_and_Historic_Buildings.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2019.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Desenvolvimento da Cidade – SEDEC. Guia de Serviços. 2019. Disponível em: <<http://guiadeservicos.vitoria.es.gov.br/busca?q=sedec>>. Acesso em 25 nov. 2019.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Educação e Cultura – SEDU. 100 anos de Escola Maria Ortiz. 1992.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado e Cultura – SECULT. Arquitetura: Patrimônio Cultural do Espírito Santo. 2009. Disponível em: <[https://secult.es.gov.br/Media/secult/EDITAIS/102-Documento-1436796643-100-Documento-1436454022-56-Documento-1427918086-atlas-patrimonio%20\(1\).pdf](https://secult.es.gov.br/Media/secult/EDITAIS/102-Documento-1436796643-100-Documento-1436454022-56-Documento-1427918086-atlas-patrimonio%20(1).pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2018.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado e Cultura – SECULT. Gerência de Memória e Patrimônio. 2019. Disponível em: <<https://secult.es.gov.br/patrimonio-cultural>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado e Cultura – SECULT. **Funcionamento de edifícios tombados**. 2019. Entrevista de funcionária da instituição concedida a Bruna Perovano Sirtuli, Vitória, 31 jan. 2019.

FONSECA, R. W.; BRUCH, J.; RUPP, R. F.; BECK, E. O.; IMPROTA, M. L.; ELI, L. G.; SCALCO, V. A.; LAMBERTS, R. Avaliação do desempenho termoenergético de modelos de referência de escritórios elaborados com base em levantamento de características construtivas nacionais. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2016, São Paulo. **Anais Eletrônicos**...Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/308698471\\_Avaliacao\\_do\\_desempenho\\_termoenergetico\\_de\\_modelos\\_de\\_referencia\\_de\\_escritorios\\_elaborados\\_com\\_base\\_em\\_levantamento\\_de\\_caracteristicas\\_construtivas\\_nacionais](https://www.researchgate.net/publication/308698471_Avaliacao_do_desempenho_termoenergetico_de_modelos_de_referencia_de_escritorios_elaborados_com_base_em_levantamento_de_caracteristicas_construtivas_nacionais)>. Acesso em: 28 dez. 2019.

FROTA, A. Barros; SCHIFFER, S. Manual de Conforto Térmico. [6.ed.] São Paulo: Ed.Studio Nobel, 2003.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.; Manual do Conforto Térmico. Ed. Studio Nobel. 8ª edição. São Paulo. 2009. P.126.

GERÊNCIA DE PATRIMÔNIO. Projetos do Palácio Anchieta. 2019.

HARRINGTON, L.; DAMNICS, M. Energy Labeling and Standards Programs Throughout the World. 2004. Disponível em: <<https://clasp.ngo/publications/energy-labeling-and-standards-programs-throughout-the-world>>. Acesso: 14 nov. 2018.

HEGAZY, S. M. Conservation of historical buildings – The Omani–French museum as a case study. **HBRC Journal**, vol. 11, n. 2, p. 264-274. 2015.

HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R.; NEGRAO, C. O. R. A view of energy and building performance simulation at the start of the third millennium. **Energy and Buildings**. Issue 9, v.34, p.853-855, 2002.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK – IADB. Eficiencia energética ver América Latina y el Caribe: Avances y Oportunidades. 2017. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Eficienciaenerg%C3%A9tica-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Avances-y-oportunidades.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

INTERNACIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES – ICOMOS. O que é o ICOMOS. 2019. Disponível em: <<http://www.icomos.pt/index.php/o-que-e-o-icomos>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Key world energy statistics. Paris. 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Energy Efficiency: analysis and outlooks to 2040. Paris. 2018. Disponível em: <<http://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2018/11/Energy-efficiency-2018.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Brasil. 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/901#resultado>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Projeto de Restauração e Adaptação Imóvel Sede do Iphan-ES: Cadernos de Estudos. Volume I. 2011.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Projeto de Restauração e Adaptação Imóvel Sede do Iphan-ES: Cadernos de Estudos. Volume II. 2011.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Patrimônio Cultural. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/218>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Bens Tombados. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Superintendência do IPHAN Espírito Santo. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/es>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Lista de bens tombados por estado. 2015. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista%20Bens%20Tombados%20por%20Estado.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Bens tombados e processos de tombamento em andamento. 2015. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista\\_Bens\\_Tombados\\_marco\\_2016.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista_Bens_Tombados_marco_2016.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2019.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. VISTA frontal do Palacio Anchieta aparecendo em primeiro plano a Escadaria Barbara Monteiro Lindenberg ou 154éculo chamada Escadaria do Palacio. Construção iniciada no século XVI, terminando no 154éculo XVIII e descaracterizado no século XX – Cidade Alta – Vitoria. Concurso Pense e Fotografe sua Cidade. Foto de Cesar Huapaya. Vitória-ES. 1977. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/6756>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Tabela de edificações comerciais, de serviços e públicas. 2019. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. 2013. Disponível em: <[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010\\_RTQ\\_Def\\_Edificacoes-C\\_rev01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf)>. Acesso em: 04 mai. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria n° 50, de 01 de fevereiro de 2013. Anexo geral V: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. 2013. Disponível em: &lt;<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf>&gt;>. Acesso em: 10 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C. Eletrobrás, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002520.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2019.

KNOP, S. **Comportamento termo energético de edificação histórica com novo uso na cidade de Pelotas: O Caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura**. 2012. 143f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. Desempenho térmico em edificações. Florianópolis. 2016. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf)> Acesso em: 13 fev. 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – LABEEE. WebPrescritivo. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 25 out. 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética em Arquitetura**. 3ª edição. Ed: ELETBRAS. 2014. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>>. Acesso em: 11 out. 2019.

LOPES, A. C. P.; FILHO, D. O.; ALTOE, L.; CARLO, J. C.; LIMA, B. B. Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 66, p. 207-219. 2016.

LUCCHI, E.; TABAK, M.; TROI, A. The “cost optimaçity” approach for the internal isulation of historic b uildings. **Energy Procedia**, Itália, v. 133, p. 412-423, 2017.

MAILE, T.; FISCHER, M.; BAZJANAC, V. Building Energy Performance Simulation Tools – a Life-Cycle and Interoperable Perspective. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University. 2007.

MANIOGLU, G.; YILMAZ, Z. Economic Evaluation of the Building Envelope and Operation Period of Heating System in Terms of Thermal Comfort. **Energy and Buildings**, v.38, n.1, p. 266-272, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877880500099X>> Acesso em: 15 de janeiro de 2020.

MARTINS, D. J.; RAU, S. L.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A. P.; SILVA, A. C. S. B. Ensaio sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Natal, 2009. **Anais**.

MENDONÇA, A. M. **Caracterização do estoque de edificações históricas de uso institucional ou público localizadas em Florianópolis com relação ao consumo de eletricidade**. 2014. 276f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

MORAN, F.; BLIGHT, T.; NATARAJAN, S.; SHEA, A. The use of Passive House Planning Package to reduce energy use and CO<sub>2</sub> emissions in historic dwellings. **Energy and Buildings**, vol. 75, p. 216-227. 2014.

MURGUL, V. Features of energy efficient upgrade of historic buildings (illustrated with the example of saint-petersburg). **Journal of Applied Engineering Science**. Rússia, 2018.

PBE EDIFICA. O que é a etiqueta PBE EDIFICA? 2019. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PBE EDIFICA. PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em: 09 out. 2017.

PEDRINI, J. B. **Fotos Palácio Anchieta** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[brunapsirtuli@gmail.com](mailto:brunapsirtuli@gmail.com)> em 03 dez. 2019.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. A review on buildings energy consumption information. **Energy and Buildings**, vol. 40, n. 3, p. 394-398. 2008.

PREFEITURA DE VITÓRIA. Conheça o processo de tombamento. 2010. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/noticia/conheca-como-e-o-processo-de-tombamento-3565>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

PREFEITURA DE VITÓRIA. Patrimônios Históricos. 2017. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/patrimonio-historico>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

PREFEITURA DE VITÓRIA. Visitar Centro Histórico. 2018. Disponível em: <<http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/visitar-vitoria>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

PREFEITURA DE VITÓRIA. PLANO DIRETOR URBANO – PDU. 2018. Disponível em: <[http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20170704\\_minutapdducompleta\\_2017.pdf](http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20170704_minutapdducompleta_2017.pdf)>. Acesso em: 02 jan.2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV. Lista de imóveis tombados atualizada. 2019.

PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES – PROJETEEE. Gráfico de temperatura e Zona de Conforto de Vitória-ES. 2019. Disponível em: <[http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=ES++Vit%C3%B3ria&id\\_cidade=bra\\_es\\_vitoria-salles.ap.836490\\_try.1962](http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=ES++Vit%C3%B3ria&id_cidade=bra_es_vitoria-salles.ap.836490_try.1962)>. Acesso em: 03 jan. 2020.

RAJAGOPALAN, P.; TONY, C. Y. L. Progress on building energy labelling techniques. **Advances in Building Energy Research**, vol. 6, n. 1, p. 61-80. 2012.

RIBEIRO, Nelson Pôrto *in*: BRAGA, Márcia (org.) **Conservação e restauro: arquitetura brasileira**. Rio de Janeiro : Editora Rio, 2003. P. 53-84.

RODRIGUES, F.; PARADA, M.; VICENTE, OLIVEIRA, R.; ALVES, A. High energy efficiency retrofits in Portugal. **Energy Procedia**, vol. 83, p. 187-196. 2015.

RUIZ, G. R.; BANDERA, C. F. Validation of Calibrated Energy Models: Common Errors. **Energies**, 2017.

RUPP, R. F. et al. Modelos de referência de edificações educacionais: definição de tipologias e determinação do desempenho energético. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2016, São Paulo. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/308698628\\_Modelos\\_de\\_referencia\\_de\\_edificacoes\\_educacionais\\_definicao\\_de\\_tipologias\\_e\\_determinacao\\_do\\_desempenho\\_energetico](https://www.researchgate.net/publication/308698628_Modelos_de_referencia_de_edificacoes_educacionais_definicao_de_tipologias_e_determinacao_do_desempenho_energetico)>. Acesso em: 28 dez. 2019.

SÁ, E. M. H.; OLIVEIRA, R. D. Análise de medidas aplicáveis à edificação pública escolar para obtenção da classificação A na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído – ELACAC, 2019, João Pessoa. **Anais [...]**

SALEH, P. H. Thermal performance of glazed balconies within heavy weight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. **Energy and Buildings**, vol. 108, p. 45-56. 2017

SANTOS, A. H. C.; FAGÁ, M. T. W.; SANTOS, E. M. The risks of an energy efficiency policy for buildings based solely on the consumption evaluation of final energy. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, vol. 44, p. 291-303. 2015.

SILVERO, F.; RODRIGUES, F.; MONTELPARE, S.; SPACONE, E.; VARUM, H. The path towards buildings energy efficiency in South American countries. **Sustainable Cities and Society**, vol. 44, p. 646-665. 2019.

SOUZA, A.; GUERRA, J. C. C.; KRUGER, E. L. Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico. **Revista Tecnologia e Sociedade**, n.1. Versão online. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/download/2571/1675>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

TULSYAN, A.; DHAKA, S.; MATHUR, J.; YADAV, J. V. Potential of energy savings through implementation of Energy Conservation Building Code in Jaipur city, India. **Energy and Buildings**, vol. 58, p. 123-130. 2013.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP, 2017. Disponível em: <<http://www.unep.org/sbci/AboutSBCI/Background.asp>>. Acesso em 08 out. 2017.

U. S. DEPARTMENT OF ENERGY – DOE. Building Energy Software Tools Directory. Disponível em: <<https://www.buildingenergysoftwaretools.com/>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

VALLATI, A.; GRAGNAFFINI, S.; ROMAGNA, M. Energy retrofit of a non-residential and historic building in Rome. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING, Itália. Anais [...], p. 28-33, 2016.

VIANNA, L. G. V.; RAMOS, M. O. S.; PEREIRA, O. S. Programa de Conservação de Energia Elétrica, seus Desdobramentos e Necessidades Para Consolidação. In: VII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE, 2010, São Paulo. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <<http://cbem.com.br/wp-content/uploads/2011/12/Programa-de-Conservacao-de-Energia-Eletrica-seus-Desdobramentos-e-Necessidades-Para-Consolidacao.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

VIEIRA, J. C.; EVANGELISTA, M. A.; LIMA, F. R. S.; OLIVEIRA, R. D. Estudo de classificação da eficiência energética do prédio 20 do CEFET-MG. XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído – ELACAC, 2019, João Pessoa. **Anais [...]**

WEBSTER, L.; BRADFORD, J.; SARTOR, D.; SHONDER, J.; ATKIN, E.; DUNNIVANT, S.; FRANK, D.; FRANCONI, E.; JUMP, D.; SCHILLER, S.; et al. *M&V Guidelines: Measurement and Verification for Performance-Based Contracts*; Version 4.0, Technical Report; U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program: Washington, DC, USA, 2015.

WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. Building Simulation Calibration Using Sensitivity Analysis. In: Ninth International IBPSA Conference, 2005, Canadá. Disponível em: <[http://www.inive.org/members\\_area/medias/pdf/Inive/IBPSA/BS05\\_1331\\_1338.pdf](http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive/IBPSA/BS05_1331_1338.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2019.

WILKINSON, S. J.; JAMES, K.; REED, R. Using building adaptation to deliver sustainability in Australia. **Structural Survey**, v. 27, n. 1, p. 46–61. 2009.





YU, Y.; CHENG, J.; YOU, S.; YE, C.; ZHANG, H.; FAN, M.; WEI, S.; LIU, S. Effect of implementing building energy efficiency labeling in China: A case study in Shanghai. **Energy Policy**, vol. 133, p. 1-12. 2019.



# APÊNDICES





## Apêndice I – Processo de seleção das edificações para estudo

(continua)


LISTAGEM DE BENS TOMBADOS EM VITÓRIA/ES (2019)									
Qtd.	Nome do bem tombado	G.P.	Proteção	Processo/ Resolução	Logradouro	Nº	Bairro	Uso	Imagem
<b>NÍVEL MUNICIPAL</b>									
01	Castelinho da capixaba	GP2	Tombamento municipal	Resolução 83/90 Processo 41806/30 e 33683/90	Escadaria Nicolau de Abreu	40	Centro	Residencial/ Inativo	
02	Banco Itaú	GP2	Tombamento municipal	Resolução 19/92 Processo 95502/91	Avenida República	184	Centro	Comércio/ Serviço	
03	Galeria de Arte Virgínia Tamanini/ Academia Espírito-Santense de Letras	GP2	Tombamento Municipal e identificado como interesse de preservação	Resolução 19/94 Processo 050740/94 Lei 3158/84	Praça João Clímaco	20	Centro	Institucional/ Cultural	
04	Instituto dos Advogados do Estado do Espírito Santo	GP2	Tombamento Municipal	Resolução 130/92 Processo 109658/92 Lei 3158/84	Praça João Clímaco	38	Centro	Institucional	

									(continuação)
05	Basílica de Santo Antônio	GP1	Tombamento Municipal	Resolução 86/05 Lei 4167/94 Processo 3508037/05	Rua Ludovico Pavoni	200	Santo Antônio	Religioso	
06	Mercado São Sebastião	GP1	Tombamento Municipal	Proc. 3933855/2006 Errata Resol. 45/2006	Lisandro Nicoletti	31	Jucutuquara	Institucional/ Comercial	
07	Chácara/ Casarão von Schilgen	GP1	Tombamento Municipal	Res. 007/2007 Resol. Final 026/2007	Ala Dr. Carlito Von Schilgen	595, Area AL-01	Praia do Canto	-	
08	Casa Porto das Artes Plásticas	GP2	Tombamento Municipal e identificado como interesse de preservação	Res. 007/2007 Resol. Final 026/2007 Res.64/97 (identificação)	Praça Manoel Silvano Monjardim	66	Centro	Cultura	
09	Bentito Bistrô	GP2	Tombamento Municipal	Proc. 6783063/09, Errata de Resol. 012/2011	Rua Moacir Avidos	47A	Praia do Canto	Residencial/ Serviço/	






(continuação)





10	Escadaria Bárbara Lindemberg	GP1	Tombamento Municipal	Proc. Nº 1305502/2013 Res. Nº 10/2013	Escadaria Bárbara Lindemberg	-	Centro	-	
11	Escadaria São Diogo	GP1	Tombamento Municipal	Proc. Nº 902790/2013 Res. Nº 09/2013	Escadaria São Diogo	-	Centro	-	
<b>NÍVEL ESTADUAL</b>									
12	Escola Maria Ortiz	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Rua Francisco Araújo	35	Centro	Institucional	
13	Palácio Anchieta	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Praça João Clímaco	30	Centro	Institucional	
14	Palácio da Cultura Sônia Cabral	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 02/82. 12/03/1983	Rua Pedro Palácios	45	Centro	Institucional	

(continuação)

15	Catedral Metropolitana de Vitória	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/1984	Rua Pedro Palácios	s/n	Centro	Religioso	
16	Teatro Carlos Gomes	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/83	Praça Costa Pereira	80	Centro	Cultura	
17	Ruínas do Palácio Nestor Gomes	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/85. CEC. Proc. 05/80. 11/06/85	Rua Santa Clara	s/n	Santa Clara	-	
18	Relógio da Praça Oito de Setembro	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 008/92, Tombado em 02/07/92	Avenida Jerônimo Monteiro	200	Centro	-	





(continuação)

19	Frontispício do Convento São Francisco de Assis	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/1984	Rua Soldado Abílio dos Santos	47	Centro	-	
20	Igreja e Convento do Carmo	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/84	Praça Irmã Josepha Hosanah	40	Centro	Ensino/ Religioso	
21	Mercado da Capixaba	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Avenida Jerônimo Monteiro / Rua Desembargador O'Reilly / Avenida Princesa Isabel / Rua Araribóia	748 / 39 / 29 / 19 / 245	Centro	Comércio/ Serviço	
22	Arquivo Público Estadual	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 05/82 e Lei 3158/84	Rua Pedro Palácios	76	Centro	Institucional	
23	Museu de Artes do Espírito Santo	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 05/82	Avenida Jerônimo Monteiro	577	Centro	Institucional/ Cultural	

									(continuação)
24	FAFI	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 08/82 e Lei 3158/84	Avenida Jerônimo Monteiro	656	Centro	Cultura	
25	Capela Nossa Senhora das Neves	-	Tombamento Estadual	Resol. 04/86, CEC. Proc. 04/84 e Lei 3158/1984	Rua Soldado Abilio Santos	474A	Centro	Religioso	
26	Ponte Florentino Avidos	-	Tombamento Estadual e identificado como interesse de preservação no grau de proteção GP1	Resol. 04/86, CEC. Proc. 04/84 e Lei 3158/1984	-	-	Centro	-	
27	Antigo Forte São João - Muralha/ Onze canhões e Portão de entrada	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 051/90, Tombado em 23/01/91	Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes	s/n	Forte São João	Defesa	










(continuação)

28	Associação dos Funcionários Públicos do Espírito Santo/ Bazar	-	Tombamento Estadual	Resol. 08/83. CEC Proc. 07/82	Rua Muniz Freire	43	Centro	Institucional	
29	Chafariz da Esplanada Capixaba	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 013/86, Tombado em 06/12/89	Rua Barão de Monjardim	-	-	-	
30	Concha Acústica do Parque Moscoso	-	Tombamento Estadual	Resol. 10/86, CEC. Proc. 06/84	Av. Cleto Nunes	242	Parque Moscoso	-	
31	Jardim de Infância Ernestina Pessoa / Escola da Ciência - Física	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 003/8., Tombado em 27/08/90	Rua Vinte e Tres de maio	320	Parque Moscoso	Institucional/ Cultural	
32	Parque de Transmissões da Rádio Espírito Santo e seu Acervo Fonográfico	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 097/90, Tombado em 10/01/91	Avenida Nossa Senhora da Penha	-	Santa Lúcia	-	Não foram encontradas imagens



(continuação)

33	Painel em afresco de Burle Marx - Ed. Das Repartições Públicas	-	Tombamento Estadual	Resol. 01/85. CEC Proc. 14/84	Avenida Jerônimo Monteiro	96-térreo	Centro	-	
34	Cripta e Lápide do Túmulo do Padre José de Anchieta	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 049/85, Tombado em 06/12/89	Palácio Anchieta	-	Centro	-	Não foram encontradas imagens
35	Painel de cerâmica da Sede da Escelsa	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 109/90, Tombado em 08/01/91	Prédio da Escelsa/ Rua Sete de Setembro	-	Centro	-	Não foram encontradas imagens
36	Acervo cultural	-	Tombamento Estadual	Resol. 09/85. CEC Proc. 27/84	-	-	-	-	Não foram encontradas imagens
<b>NÍVEL FEDERAL</b>									
37	Igreja Nossa Senhora do Rosário	-	Tombamento Federal	Proc. nº 360 - T, Inscrição nº 241 - A, Livro História, fls 40. 24.07.1946	Escadaria do Rosário	35	Centro	Religioso	
38	Igreja São Gonçalo	-	Tombamento Federal	Proc. nº 381 - T, Inscrição nº 251, livro História, fls 42 e inscrição 317, Livro Belas-Artes. Fls. 67. 06.11.1948	Rua São Gonçalo	s/n	Centro	Religioso	

(continuação)									
39	Capela de Santa Luzia	-	Tombamento Federal	Proc. nº 195 - T, inscrição n 245. Livro História, fls 41. 01.08.1946	Rua Doutor Azambuja e Rua José Marcelino	s/n	Centro	Religioso	
40	Casa da Rua José Marcelino/ Sede da 21ª Superintendência Regional - IPHAN	-	Tombamento Federal	Proc. nº 787 - T, inscrição nº 408, Livro História, fls 66. 13.11.1967	Rua José Marcelino	203	Centro	Institucional	
41	Casa da Rua José Marcelino	-	Tombamento Federal	Proc. nº 787 - T, inscrição nº 406, Livro História, fls 65. 05.10.1967	Rua José Marcelino	197	Centro	-	
42	Museu Solar Monjardim	-	Tombamento Federal	Proc. nº 228 - T, inscrição nº 289, Livro Belas-artes, fls 50. 25.10.1940	Rua professor Carlos Mattos	33	Jucutuquara	Institucional/cultural	
APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO									
Qtd.	Nome do bem tombado	G.P.	Proteção	Processo/Resolução	Logradouro	Nº	Bairro	Uso	
NÍVEL MUNICIPAL									
01	Castelinho da capixaba	GP2	Tombamento municipal	Resolução 83/90 Processo 41806/30 e 33683/90	Escadaria Nicolau de Abreu	40	Centro	Residencial/ Inativo	
02	Banco Itaú	GP2	Tombamento Municipal	Resolução 19/92 Processo 95502/91	Avenida República	184	Centro	Comércio/ Serviço	

								(continuação)
03	Galeria de Arte Virgínia Tamanini/ Academia Espírito-Santense de Letras	GP2	Tombamento Municipal e identificado como interesse de preservação	Resolução 19/94 Processo 050740/94 Lei 3158/84	Praça João Clímaco	20	Centro	Institucional/ Cultural
04	Instituto dos Advogados do Estado do Espírito Santo	GP2	Tombamento Municipal	Resolução 130/92 Processo 109658/92 Lei 3158/84	Praça João Clímaco	38	Centro	Institucional
05	Basílica de Santo Antônio	GP1	Tombamento Municipal	Resolução 86/05 Lei 4167/94 Processo 3508037/05	Rua Ludovico Pavoni	200	Santo Antônio	Religioso
06	Mercado São Sebastião	GP1	Tombamento Municipal	Proc. 3933855/2006 Errata Resol. 45/2006	Lisandro Nicoletti	31	Jucutuquara	Institucional/ Comercial
07	Chácara/Casaã o von Schilgen	GP1	Tombamento Municipal	Res. 007/2007 Resol. Final 026/2007	Ala Dr. Carlito Von Schilgen	595, Area AL-01	Praia do Canto	-
08	Casa Porto das Artes Plásticas	GP2	Tombamento Municipal e identificado como interesse de preservação	Res. 007/2007 Resol. Final 026/2007 Res.64/97 (identificação)	Praça Manoel Silvino Monjardim	66	Centro	Cultura
09	Bentito Bistrô	GP2	Tombamento Municipal	Proc. 6783063/09, Errata de Resol. 012/2011	Rua Moacir Avidos	47A	Praia do Canto	Residencial/ Serviço/
10	Escadaria Bárbara Lindemberg	GP1	Tombamento Municipal	Proc. Nº 1305502/2013 Res. Nº 10/2013	Escadaria Bárbara Lindemberg	-	Centro	-
11	Escadaria São Diogo	GP1	Tombamento Municipal	Proc. Nº 902790/2013 Res. Nº 09/2013	Escadaria São Diogo	-	Centro	-
<b>NÍVEL ESTADUAL</b>								
12	Escola Maria Ortiz	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Rua Francisco Araújo	35	Centro	Institucional
13	Palácio Anchieta	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Praça João Clímaco	30	Centro	Institucional

								(continuação)
14	Palácio da Cultura Sônia Cabral	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 02/82. 12/03/1983	Rua Pedro Palácios	45	Centro	Institucional
15	Catedral Metropolitana de Vitória	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/1984	Rua Pedro Palácios	s/n	Centro	Religioso
16	Teatro Carlos Gomes	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/83	Praça Costa Pereira	80	Centro	Cultura
17	Ruínas do Palácio Nestor Gomes	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/85. CEC. Proc. 05/80. 11/06/85	Rua Santa Clara	s/n	Santa Clara	-
18	Relógio da Praça Oito de Setembro	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 008/92, Tombado em 02/07/92	Avenida Jerônimo Monteiro	200	Centro	-
19	Frontispício do Convento São Francisco de Assis	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/1984	Rua Soldado Abílio dos Santos	47	Centro	-
20	Igreja e Convento do Carmo	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/84. CEC. Proc. 04/82. 03/05/84	Praça Irmã Josepha Hosannah	40	Centro	Ensino/Religioso
21	Mercado da Capixaba	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83. CEC. Proc. 05/82. 12/03/1983	Avenida Jerônimo Monteiro / Rua Desembargador O'Reilly / Avenida Princesa Isabel / Rua Araribóia	748 / 39 / 29 / 19 / 245	Centro	Comércio/Serviço
22	Arquivo Público Estadual	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 05/82 e Lei 3158/84	Rua Pedro Palácios	76	Centro	Institucional
23	Museu de Artes do Espírito Santo	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 05/82	Avenida Jerônimo Monteiro	577	Centro	Institucional/Cultural
24	FAFI	-	Tombamento Estadual	Resol. 02/83, CEC. Proc. 08/82 e Lei 3158/84	Avenida Jerônimo Monteiro	656	Centro	Cultura

(continuação)								
25	Capela Nossa Senhora das Neves	-	Tombamento Estadual	Resol. 04/86, CEC. Proc. 04/84 e Lei 3158/1984	Rua Soldado Abilio Santos	474A	Centro	Religioso
26	Ponte Florentino Avidos	-	Tombamento Estadual e identificado como interesse de preservação no grau de proteção GP1	Resol. 04/86, CEC. Proc. 04/84 e Lei 3158/1984	-	-	Centro	-
27	Antigo Forte São João - Muralha/ Onze canhões e Portão de entrada	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 051/90, Tombado em 23/01/91	Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes	s/n	Forte São João	Defesa
28	Associação dos Funcionários Públicos do Espírito Santo/ Bazar	-	Tombamento Estadual	Resol. 08/83. CEC Proc. 07/82	Rua Muniz Freire	43	Centro	Institucional
29	Chafariz da Esplanada Capixaba	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 013/86, Tombado em 06/12/89	Rua Barão de Monjardim	-	-	-
30	Concha Acústica do Parque Moscoso	-	Tombamento Estadual	Resol. 10/86, CEC. Proc. 06/84	Av. Cleto Nunes	242	Parque Moscoso	-
31	Jardim de Infância Ernestina Pessoa / Escola da Ciência - Física	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 003/8., Tombado em 27/08/90	Rua Vinte e Tres de maio	320	Parque Moscoso	Institucional/ Cultural

(continuação)								
32	Parque de Transmissões da Rádio Espírito Santo e seu Acervo Fonográfico	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 097/90, Tombado em 10/01/91	Avenida Nossa Senhora da Penha	-	Santa Lúcia	-
33	Painel em afresco de Burle Marx - Ed. Das Repartições Públicas	-	Tombamento Estadual	Resol. 01/85. CEC Proc. 14/84	Avenida Jerônimo Monteiro	96-térreo	Centro	-
34	Cripta e Lápide do Túmulo do Padre José de Anchieta	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 049/85, Tombado em 06/12/89	Palácio Anchieta	-	Centro	-
35	Painel de cerâmica da Sede da Escelsa	-	Tombamento Estadual	CEC. Proc. 109/90, Tombado em 08/01/91	Prédio da Escelsa/ Rua Sete de Setembro	-	Centro	-
36	Acervo Cultural	-	Tombamento Estadual	Resol. 09/85. CEC Proc. 27/84	-	-	-	-
<b>NÍVEL FEDERAL</b>								
37	Igreja Nossa Senhora do Rosário	-	Tombamento Federal	Proc. nº 360 - T, Inscrição nº 241 - A, Livro História, fls 40. 24.07.1946	Escadaria do Rosário	35	Centro	Religioso
38	Igreja São Gonçalo	-	Tombamento Federal	Proc. nº 381 - T, Inscrição nº 251, livro História, fls 42 e inscrição 317, Livro Belas-Artes. Fls. 67. 06.11.1948	Rua São Gonçalo	s/n	Centro	Religioso
39	Capela de Santa Luzia	-	Tombamento Federal	Proc. nº 195 - T, inscrição n 245. Livro História, fls 41. 01.08.1946	Rua Doutor Azambuja e Rua José Marcelino	s/n	Centro	Religioso

(continuação)								
40	Casa da Rua José Marcelino/ Sede da 21ª Superintendência Regional - IPHAN	-	Tombamento Federal	Proc. nº 787 - T, Inscrição nº 408, Livro História, fls 66. 13.11.1967	Rua José Marcelino	203	Centro	Institucional
41	Casa da Rua José Marcelino	-	Tombamento Federal	Proc. nº 787 - T, Inscrição nº 406, Livro História, fls 65. 05.10.1967	Rua José Marcelino	197	Centro	-
42	Museu Solar Monjardim	-	Tombamento Federal	Proc. nº 228 - T, Inscrição nº 289, Livro Belas-artes, fls 50. 25.10.1940	Rua professor Carlos Mattos	33	Jucutuquara	Institucional/ cultural
LEGENDA								
*G.P. = Grau de Proteção								
	Bem descartado por não ser uma edificação							
	Edifício descartado por não estar em uso contínuo							
	Edifício descartado por não ser institucional							
	Edifícios pré-selecionados							
Edifícios pré-selecionados – Métodos construtivos predominantes								
QTD	EDIFÍCIO	ESTRUTURA	VEDAÇÃO	COBERTURA	ESQUADRIAS			
NÍVEL MUNICIPAL								
Nenhum edifício esteve apto, de acordo com os pré-requisitos								
NÍVEL ESTADUAL								
01	Escola Maria Ortiz	- Tijolo maciço portante	- Tijolo maciço portante	- Telha cerâmica	- Madeira - Ferro			
02	Palácio Anchieta	- Pedra e cal - Concreto armado	- Pedra e cal - Tijolo cerâmico maciço - Bloco de concreto	- Telha Cerâmica	- Madeira - Ferro Fundido			
03	Palácio da Cultura Sônia Cabral	- Pedra argamassada - Concreto armado	- Tijolo maciço portante	- Telha Cerâmica	- Madeira - Ferro			
04	FAFI	- Concreto armado (lajes)	- Tijolo portante	- Telha cerâmica	- Madeira			
05	Jardim de Infância Ernestina Pessoa / Escola da Ciência – Física *	- Concreto Armado	- Brises de concreto - Cobogó cerâmico	- Telha de Fibrocimento	- Madeira - Vidro			

(conclusão)					
NÍVEL FEDERAL					
06	Casa da Rua José Marcelino/ Sede da 21ª Superintendência Regional - IPHAN	- Madeira - Concreto Armado	- Pau-a-pique	- Telha cerâmica	- Madeira
07	Museu Solar Monjardim	- Pedra e cal	- Pedra e cal - Pau-a-pique - Tijolo cerâmico maciço	- Telha de barro	- Madeira
	Edifícios selecionados				
* Possui método construtivo considerado contemporâneo, presente nos edifícios atuais.					

Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Vitória (2019).



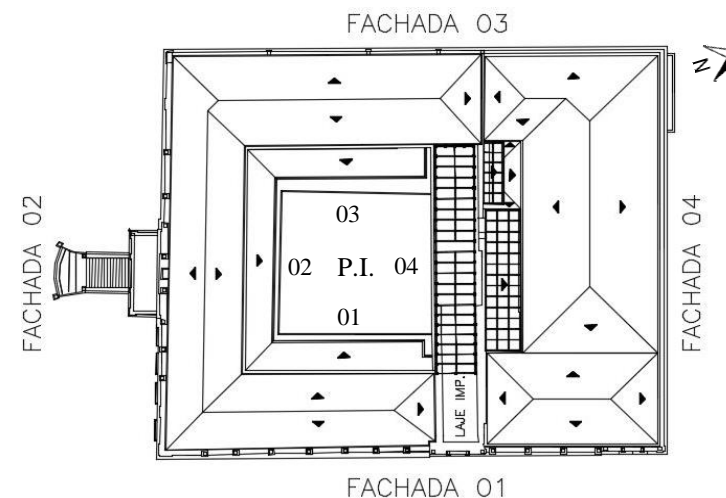
## Apêndice II – Fichas do levantamento de dados

(continua)				
1. IDENTIFICAÇÃO E DADOS GERAIS				
1.1 IDENTIFICAÇÃO				
Nome da edificação	Tipo de uso	Subtipo de uso	Propriedade	Endereço
Palácio Anchieta	Institucional/Cultural	Sede do Governo do Espírito Santo/Museu	Público - administrado pelo Governo do Espírito Santo	Praça João Clímaco, 30, Centro
Ano da construção	Tombamento	Número de usuários fixos	Horários de funcionamento	Observações
Entre os séculos XVI e XVIII, com transformações até o século XX	Estadual – Resolução nº2/1983 do Conselho Estadual de Cultura	Aproximadamente 100	Segunda-feira: fechado ao público Terça-feira a Sexta-feira: 09:00-17:00 Sábado/Domingo: 09:00-16:00	Os funcionários trabalham em escalas
1.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CONDICIONAMENTO				
Sistema predominante	Tipo de sistema	Situação/Manutenção		Observações
Condicionado: Predominância de Condicionamento artificial	Ar condicionado central	Manutenção em dia (menos de 05 anos)		---

(continuação)



Fonte: SECULT (2018)



## 2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA

### 2.1 ESTILO E FORMA

Estilo arquitetônico: Eclético

Forma: Retangular

### 2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS

Área total construída (m<sup>2</sup>): 6711,49

Número de pavimentos: 04

Possui subsolo? Não

### 2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO

Número total de fachadas: 04

Orientação da fachada principal: Leste

Fachada	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
01	Leste	51,81	11,66 até 18,73	689,29	37,34/689,29 = 5,42%	Não	Amarelo
02	Sul	47,83	20,33 até 23,49	997,84	41,16/997,84 = 4,12%	Não	Amarelo
03	Oeste	55,61	16,00 até 21,18	909,73	54,28/909,73 = 5,97%	Não	Amarelo
04	Norte	45,97	13,00 até 16,50	601,35	25,56/601,35 = 4,25%	Não	Amarelo


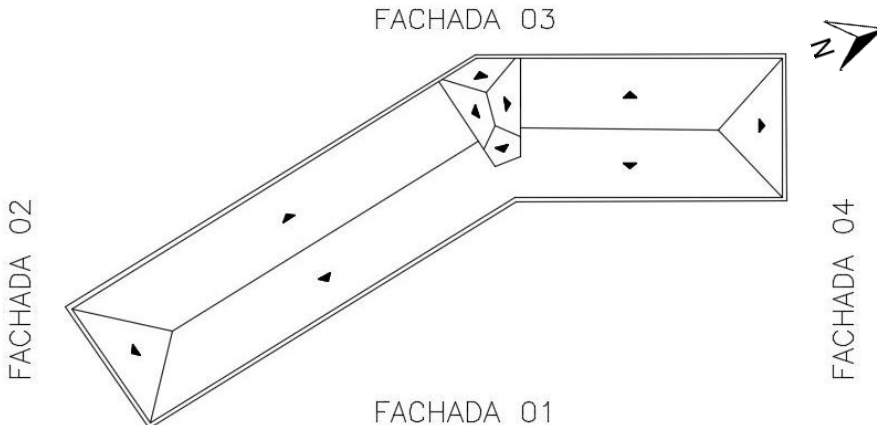
### 2.4 PÁTIO INTERNO (P.I.)

Parede	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da parede (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da parede (%)	Proteção solar	Cor Predominante
--------	------------	-------------	------------	----------------------------------	-------------------------------------	----------------	------------------

(continuação)							
01	Leste	17,00	12,16	206,72	36,29/206,72 = 17,58%	Não	Amarelo
02	Sul	16,04	12,16	195,05	39,68/195,05 = 20,34%	Não	Amarelo
03	Oeste	16,64	12,16	202,34	36,29/202,34 = 17,94%	Não	Amarelo
04	Norte	15,58	12,16	189,45	21,32/189,45 = 11,25%	Não	Amarelo
<b>3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>							
<b>3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?</b>					Sim. Possui sistemas mistos na estrutura, cobertura e vedações.		
<b>3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)</b>							
Sistema estrutural		Paredes Internas		Paredes externas		Acabamento paredes internas	Acabamento paredes externas
Pedra de mão e argamassa de cal; concreto armado		Tijolos cerâmicos; pedra e cal		Tijolos cerâmicos; pedra e cal, tijolos de concreto (P.I.)		Pintura	Pintura
<b>3.3 COBERTURA 01 (PREDOMINANTE)</b>							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura		Número de águas	
Francesas		Cerâmica		Madeira		24	
<b>3.4 COBERTURA 02</b>							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura		Número de águas	
Placas de vidro		Vidro laminado temperado		Aço		02	
<b>3.5 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)</b>							
Tipo de forro		Espessura da laje se houver (m)		Isolamento		Tipos de piso	
Gesso, madeira (pinho de riga)		Varia entre 0,20 e 0,30		Não há		Vidro, Granito, Cimentado, cerâmico, madeira;	
<b>3.6 ESQUADRIAS DA ENVOLTÓRIA</b>							
Item	Fachadas em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )		Tipo de abertura		Materiais	
Portão 01	02	3,86		Abrir - 02 folhas		Ferro fundido (verde)	
Portão 02	02	10,95		Abrir - 02 folhas		Ferro fundido (verde)	
Portão 03	01	4,43		Abrir - 02 folhas		Ferro fundido (verde)	
Portão 04	01	6,67		Abrir - 02 folhas		Ferro fundido (verde)	
Portão 05	03	3		Abrir - 02 folhas e uma bandeira fixa		Ferro fundido (verde)	
Porta 06	01	11,1		Abrir - 04 folhas (duas centrais abrem)		Ferro fundido (verde) e vidro	
Porta 07	03	3		Abrir - 02 folhas		Ferro fundido (verde)	

(conclusão)				
Porta 08	04	4,08	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde)
Porta 09	04	7,74	Abrir - 04 folhas (duas centrais abrem)	Ferro fundido (verde)
Janela 01	02, 03 e 04	2,91	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 02	02, 03	4,19	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 03	01, 02	4,19	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 04	01, 02, 03	3,46	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 05	02	3,46	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 06	02	3,46	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 07	01	4,95	Abrir - 02 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 08	03	2,59	Abrir - 02 folhas (com veneziana)	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 09	03 e 04	1,87	Abrir - 02 folhas (metade em veneziana)	Ferro fundido (verde) e vidro
Janela 10	03	3,17	Guilhotina - 03 folhas	Ferro fundido (verde) e vidro
<b>3.7 ESQUADRIAS DO PÁTIO INTERNO (P.I.)</b>				
Item	Paredes em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )	Tipo de abertura	Materiais
Porta 01	01, 02 e 03	4,85	Abrir - 02 folhas	Aço (vinho) e vidro
Janela 01	01, 02 e 03	2,80	Maxim-ar - 02 folhas (01 bandeira fixa)	Aço (vinho) e vidro
Janela 02	04	3,10	Fixa - 01 folha	Aço (vinho) e vidro
Janela 03	04	9,42	Fixa - 02 folhas	Aço (vinho) e vidro
Janela 04	04	1,30	Maxim-ar - 01 folha	Aço (vinho) e vidro

(continua)				
<b>1. IDENTIFICAÇÃO E DADOS GERAIS</b>				
<b>1.1 IDENTIFICAÇÃO</b>				
Nome da edificação	Tipo de uso	Subtipo de uso	Propriedade	Endereço
Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio "Maria Ortiz"	Institucional	Ensino	Público - administrado pelo Governo do Espírito Santo	Rua Francisco Araújo, 35, Centro
Ano da construção	Tombamento	Número de usuários fixos	Horários de funcionamento	Observações


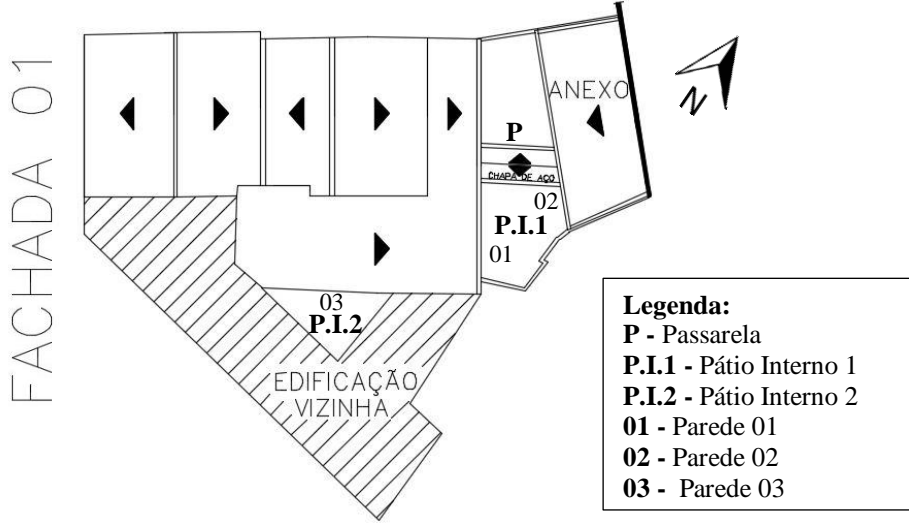
(continuação)					
1892	Estadual - Resolução nº 2/1983 do Conselho Estadual de Cultura Inscrição no Livro do Tombo Histórico sob o nº 26, folhas 3v e 4	Funcionários: Matutino: 43 Vespertino: 46	Alunos: Matutino: 423 Vespertino: 369	Segunda-feira: 07:00 - 22:00 Terça-feira a Sexta-feira: 07:00 - 19:00 Sábado e Domingo: não funciona	Em todos os dias da semana exceto finais de semana há vigilantes de 06:00 as 20:00
1.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CONDICIONAMENTO					
Sistema predominante	Tipo de sistema		Situação/Manutenção	Observações	
Misto: Ambientes com condicionamento e/ou ventilados	Ventiladores de teto/ ar condicionado de janela e split		Manutenção atrasada (mais de 05 anos)	Ambientes/salas condicionados: secretaria, direção, planejamento, auditório, informática (não funciona), ciências.	
 <p style="text-align: center;">Fonte: SECULT (2018)</p>					
2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA					
2.1 ESTILO E FORMA					
Estilo arquitetônico: Eclético			Forma: Irregular		
2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS					

(continuação)							
Área total construída (m <sup>2</sup> ): 3273,70			Número de pavimentos: 04			Possui subsolo? Sim	
<b>2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO</b>							
Número total de fachadas: 04					Orientação da fachada principal: Leste		
Fachada	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
01	Leste	70,50	9,15 até 11,44	670,76	60,63/670,76 = 9,03%	Não	Amarelo
02	Sul	36,79	13,54 até 16,5	221,90	17,25/221,90 = 7,77%	Não	Amarelo
03	Oeste	70,75	9,15 até 13,73	703,00	97,75/703 = 13,90%	Não	Amarelo
04	Norte	36,84	9,15	132,20	10,03/132,20 = 7,59%	Não	Amarelo
<b>3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>							
<b>3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?</b>					Sim. Possui sistemas mistos na estrutura e vedações.		
<b>3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)</b>							
Sistema estrutural		Paredes Internas		Paredes externas		Acabamento paredes internas	Acabamento paredes externas
Paredes portantes de tijolos cerâmicos maciços; pilares de ferro na varanda; lajes de madeira		Tijolos cerâmicos maciços		Tijolos cerâmicos maciços		Pintura	Pintura
<b>3.3 COBERTURA</b>							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura		Número de águas	
Canal		Cerâmica		Madeira		10	
<b>3.4 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)</b>							
Tipo de forro		Espessura da laje se houver (m)		Isolamento		Tipos de piso	
Madeira, PVC		Cerca de 0,30		Não há		Madeira, cerâmico, cimentado	
<b>3.5 ESQUADRIAS DA ENVOLTÓRIA</b>							
Item	Fachadas em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )		Tipo de abertura		Materiais	
Janela 01	Todas	1,87		Abrir - 02 folhas		Madeira (branco) e vidro	
Janela 02	Voltada para o pátio externo	0,80		Basculante		Ferro (branco)	

(conclusão)				
Janela 03	Voltada para o pátio externo	0,40	Basculante	Ferro (branco)
Janela 04	01	2,04	Fixa	Madeira e vidro
Porta 01	01, 02 e 03	1,76	Abrir - 02 folhas	Madeira (branco) e vidro
Porta 02	Todas	2,75	Abrir - 02 folhas	Madeira (branco) e vidro
Porta 03	03	3,25	Abrir - 02 folhas	Madeira (branco)
Porta 04	03	2,75	Abrir - 02 folhas	Madeira (branco)
Portão 01	Voltada para o pátio externo	1,68	Abrir - 01 folha	Ferro (branco)
Grade 01	Voltada para o pátio externo	1,04	Fixa	Ferro (branco)
Grade 02	Voltada para o pátio externo	2,42	Fixa	Ferro (branco)
Grade 03	Voltada para o pátio externo	1,61	Fixa	Ferro (branco)
Grade 04	Voltada para o pátio externo	3,85	Abrir - 01 folha	Ferro (branco)
Grade 05	Voltada para o pátio externo	3,74	Abrir - 01 folha	Ferro (branco)

(continua)				
<b>1. IDENTIFICAÇÃO E DADOS GERAIS</b>				
<b>1.1 IDENTIFICAÇÃO</b>				
Nome da edificação	Tipo de uso	Subtipo de uso	Propriedade	Endereço
Casa da Rua José Marcelino	Institucional/Cultural	Sede da Superintendência do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional no Espírito Santo	Público - administrado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional no Espírito Santo	Rua José Marcelino, 203, Centro
Ano da construção	Tombamento	Número de usuários fixos	Horários de funcionamento	Observações



(continuação)				
Século XIX	Federal - Tombamento 13/11/1967 Inscrição no Livro do Tombo Histórico sob o nº 408, folha 66	25	Segunda-feira a Sexta-feira: 08:00 -17:00 Sábado e Domingo: fechado	A visitação ao público necessita de agendamento
1.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CONDICIONAMENTO				
Sistema predominante	Tipo de sistema	Situação/Manutenção	Observações	
Condicionado: Predominância de Condicionamento artificial	Ar condicionado split	Manutenção em dia (menos de 05 anos)	---	
 <p>Fonte: Acervo da Pesquisa (2019)</p>		 <p><b>Legenda:</b>  <b>P</b> - Passarela  <b>P.I.1</b> - Pátio Interno 1  <b>P.I.2</b> - Pátio Interno 2  <b>01</b> - Parede 01  <b>02</b> - Parede 02  <b>03</b> - Parede 03</p>		
<p><b>Observação:</b> o edifício recebeu um anexo cuja construção fora finalizada no ano de 2017, que possui características formais e construtivas contemporâneas, e foi conectado ao original por meio de uma passarela envidraçada. Portanto os dados fichados a partir daqui serão divididos em Anexo e Edifício Original.</p>				



(continuação)							
EDIFÍCIO ORIGINAL							
<b>2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA</b>							
<b>2.1 ESTILO E FORMA</b>							
Estilo arquitetônico: Colonial				Forma: Irregular			
<b>2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS</b>							
Área total construída (m <sup>2</sup> ): 381,47			Número de pavimentos: 03		Possui subsolo? Sim		
Obs.: Existe um segundo subsolo no terreno, porém ele fica abaixo do Anexo e não do Edifício Original.							
<b>2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO</b>							
Número total de fachadas: 01				Orientação da fachada principal: Sudoeste			
Fachada	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
01	Sul	6,90	9,85 até 10,20	66,56	1,40/66,56 = 2,10%	Não	Branco
<b>2.4 PÁTIO INTERNO 1 (P.I.1)</b>							
Parede	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da parede (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da parede (%)	Proteção solar	Cor Predominante
01	Norte	11,25	12,28 até 12,52	134,53	7,55/134,53 = 5,61%	Não	Branco
<b>2.3 PÁTIO INTERNO 2 (P.I.2)</b>							
Parede	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da parede (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área da parede (%)	Proteção solar	Cor Predominante
03	Leste	4,87	12,28	59,80	2,04/59,80 = 3,41%	Não	Branco
<b>3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>							
3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?				Sim. Possui sistemas mistos na estrutura e vedações.			
3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)							
Sistema estrutural		Paredes Internas		Paredes externas	Acabamento paredes internas	Acabamento paredes externas	
Madeira; concreto armado		Pau a pique; tijolos cerâmicos		Pau a pique; tijolos cerâmicos	Pintura; cerâmica	Pintura	
3.3 COBERTURA 01 (PREDOMINANTE)							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura	Número de águas		
Colonial		Cerâmica		Madeira	05		

(continuação)				
<b>3.4 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)</b>				
Tipo de forro	Espessura da laje se houver (m)	Isolamento	Tipos de piso	
Madeira; PVC; gesso	Varia entre 0,15 e 0,24	Não há	Cerâmico; madeira; granito; cimentado; quartzito	
<b>3.5 ESQUADRIAS DA ENVOLTÓRIA</b>				
Item	Fachadas em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )	Tipo de abertura	Materiais
Porta 01	01	2,45	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Porta 02	01	3,27	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Porta 03	01	2,39	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Porta 04	01	2,39	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde)
<b>3.6 ESQUADRIAS DAS PAREDES DOS PÁTIOS INTERNOS 1 E 2 (P.I.1 E P.I.2)</b>				
Item	Paredes em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )	Tipo de abertura	Materiais
Porta 05	01	2,07	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Porta 06	01	2,65	Abrir - 02 folhas (venezianas)	Alumínio
Janela 01	01	1,23	Sanfonada - 04 folhas (parte com veneziana)	Madeira (verde) e vidro
Janela 02	01	0,56	Abrir - 01 folha (parte com veneziana)	Madeira (verde) e vidro
Janela 03	01	1,75	Sanfonada - 04 folhas (parte com veneziana)	Madeira (verde) e vidro
Janela 04	01	1,35	Sanfonada - 04 folhas (parte com veneziana)	Madeira (verde) e vidro
Janela 05	01	1,35	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 06	01	1,25	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 07	01	1,35	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 08	01	1,52	Veneziana fixa	Alumínio
Janela 09	01	2,34	Veneziana fixa	Alumínio
Janela 10	01	3,56	Basculante - 05 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 11	03	1,40	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 12	03	1,07	Abrir - 02 folhas	Madeira (verde) e vidro
Janela 13	03	1,03	Basculante	Ferro (verde) e vidro
Janela 14	03	0,61	Abrir - 01 folha	Madeira (verde) e vidro
<b>ANEXO</b>				
<b>2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA</b>				

(continuação)							
<b>2.1 ESTILO E FORMA</b>							
Estilo arquitetônico: Contemporâneo				Forma: Trapezoidal (Edifício e Passarela)			
<b>2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS</b>							
Área total construída (m²): 162,42			Número de pavimentos: 04		Possui subsolo? Sim		
<b>2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO</b>							
Número total de fachadas: 01				Orientação da fachada principal: Sudoeste			
Parede	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m²)	Área envidraçada/área da fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
02	Sul	8,66	11,74	99,38	14,55/99,38 = 14,64%	Não	Branco
<b>3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>							
3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?				Sim. Possui sistemas mistos na cobertura.			
3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)							
Sistema estrutural		Paredes Internas		Paredes externas	Acabamento paredes internas	Acabamento paredes externas	
Concreto armado		Tijolos cerâmicos furados		Tijolos cerâmicos furados	Pintura e cerâmica	Pintura	
3.3 COBERTURA 01 (PREDOMINANTE)							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura	Número de águas		
Colonial		Cerâmica		Madeira	01		
3.4 COBERTURA 02							
Tipo de telha		Material da telha		Estrutura da cobertura	Número de águas		
Aço		Aço curvo		Aço	02		
3.5 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)							
Tipo de forro		Espessura da laje se houver (m)		Isolamento	Tipos de piso		
Gesso; metálico		Varia entre 0,12 e 0,15		Não há	Marmorite; cerâmico; cimentado; quartzito; madeira		
3.6 ESQUADRIAS DA PAREDE 02							
Item	Paredes em que se repete	Área da esquadria (m²)		Tipo de abertura		Materiais	
Janela 15	02	2,04		Correr - 02 folhas		Alumínio e vidro	
Janela 16	02	1,10		Veneziana fixa		Alumínio	
Janela 17	02	2,84		Correr - 02 folhas		Alumínio e vidro	

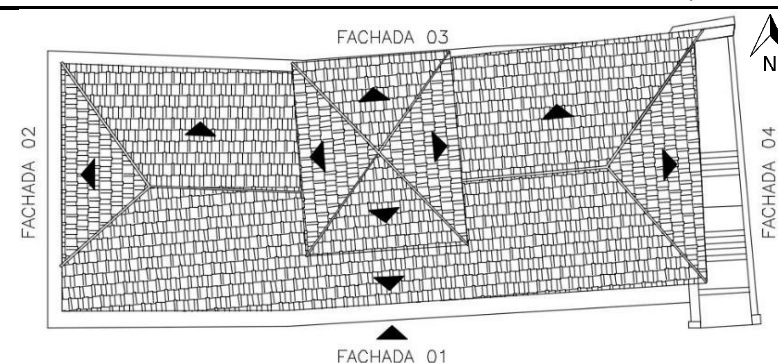
(conclusão)				
Janela 18	02	1,36	Correr - 02 folhas	Alumínio e vidro
Janela 19	02	0,60	Basculante	Alumínio e vidro
<b>Observação:</b> Nesta parede há quatro vãos de 2,53m <sup>2</sup> , sem vedações.				

(continua)				
<b>1. IDENTIFICAÇÃO E DADOS GERAIS</b>				
<b>1.1 IDENTIFICAÇÃO</b>				
Nome da edificação	Tipo de uso	Subtipo de uso	Propriedade	Endereço
Museu Solar Monjardim	Cultural	Museu	Público - administrado pelo Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM)	Rua Professor Carlos Matos, 33, Jucutuquara
Ano da construção	Tombamento	Número de usuários fixos	Horários de funcionamento	Observações
Início em 1780 e término no início do século XIX	Federal – Inscrição nº 289, Livro Belas-Artes 25/10/1940	07	Segunda-feira: fechado Terça a Sexta-feira: 09:00-12:00/ 13:30-16:30 Sábado e Domingo: 13:00-17:00	Em todos os dias da semana há funcionários trabalhando de 08:00-18:00, exceto finais de semana, em que o horário é diferenciado
<b>1.2 SISTEMA DE VENTILAÇÃO/CONDICIONAMENTO</b>				
Sistema predominante	Tipo de sistema	Situação/Manutenção	Observações	
Ventilação natural: é ventilada naturalmente e/ou com ventiladores	Ventiladores de mesa	Manutenção em dia (menos de 05 anos)	Apenas na área administrativa são utilizados ventiladores, na área de exposição do museu há apenas ventilação natural	

(continuação)



Fonte: Acervo da pesquisa (2019)



## 2. TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA

### 2.1 ESTILO E FORMA

Estilo arquitetônico: Colonial Rural

Forma: Retangular (pavimento superior maior que o inferior)

### 2.2 PAVIMENTOS E ÁREAS

Área total construída (m<sup>2</sup>): 451,31

Número de pavimentos: 03

Possui subsolo? Não

### 2.3 FACHADAS E ORIENTAÇÃO

Número total de fachadas: 04

Orientação da fachada principal: Sul

Fachada	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área da fachada (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada/área de fachada (%)	Proteção solar	Cor Predominante
01	Sul	42,36	9,78	414,28	$1,89/414,28 = 0,45\%$	Não	Branco
02	Oeste	15,88	9,41	149,43	$0,63/149,43 = 0,42\%$	Não	Branco
03	Norte	41,40	6,51	269,51	$0,63/269,51 = 0,23\%$	Não	Branco
04	Leste	15,30	10,66	163,10	$1,26/163,10 = 0,77\%$	Não	Branco

## 3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

### 3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO?

### 3.2 SISTEMA ESTRUTURAL E VEDAÇÕES (PREDOMINANTES)

Sistema estrutural

Paredes Internas

Paredes externas

Acabamento paredes internas

Acabamento paredes externas

(conclusão)				
Pedra de mão e argamassa de cal; madeira	Primeiro pavimento: pedra de mão e argamassa de cal Segundo pavimento: pau a pique/tabique	Primeiro pavimento: pedra de mão e argamassa de cal Segundo pavimento: tijolo cerâmico	Pintura a cal; azulejo branco 15x15cm	Pintura a cal
<b>3.3 COBERTURA (PREDOMINANTE)</b>				
Tipo de telha	Material da telha	Estrutura da cobertura	Número de águas	
Canal	Barro	Madeira	04	
<b>3.4 FORRO, LAJE E PISO (PREDOMINANTES)</b>				
Tipo de forro	Espessura da laje se houver (m)	Isolamento	Tipos de piso	
Madeira (saia e camisa, gamela, tabuado liso); PVC	0,22	Não há	Taboado corrido, ladrilho de barro, cerâmica, pedra e tabique	
<b>3.5 ESQUADRIAS DA ENVOLTÓRIA</b>				
Item	Fachadas em que se repete	Área da esquadria (m <sup>2</sup> )	Tipo de abertura	Materiais
Porta 01	01	2,92	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Porta 02	04	3,68	Abrir - 02 folhas	Madeira (azul e vermelho)
Porta 03	03	2,84	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Porta 04	03	2,55	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 01	01 e 04	2,62	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 02	01 e 02	1,64	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 03	Todas	1,28	Guilhotina - 02 folhas (abre a inferior)	Madeira (branco e vermelho); vidro
Janela 04	02	1,56	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 05	02	2,00	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 06	03	1,38	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 07	03	2,77	Abrir - 02 folhas	Madeira (azul e vermelho)
Janela 08	03	1,10	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)
Janela 09	03	1,15	Abrir - 01 folha	Madeira (azul e vermelho)

## Apêndice III – Resultado da etiquetagem utilizando a plataforma WebPrescritivo

## a) Etiquetagem do Palácio Anchieta

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A

Atende pré-requisito para B

Atende pré-requisito para C

A edificação possui isolamento de tubulações

Este pré-requisito não se aplica à edificação

Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8

Cidade Vitória ES

Pré-requisitos

Pré-requisitos

$U_{COB-AC}$  1.61 W/(m<sup>2</sup>K)  $\alpha_{COB}$  60 %

$U_{COB-ANC}$  1.61 W/(m<sup>2</sup>K)  $CT_{PAR}$  500 kJ/(m<sup>2</sup>K)

$U_{PAR}$  0.91 W/(m<sup>2</sup>K)  $\sigma_{PAR}$  30 %

PAZ 3.26 % FS 0.29

Dados Dimensionais da Edificação

$A_{TOT}$  6711.49 m<sup>2</sup> FA: 0.37

$A_{PCOB}$  2489.34 m<sup>2</sup>

$A_{PE}$  2489.34 m<sup>2</sup>

$V_{TOT}$  59474.59 m<sup>3</sup> FF: 0.10

$A_{ENV}$  5687.55 m<sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS 0.87

$PAF_T$  29.07 %

$PAF_o$  8.14 %

AVS 0 °

AHS 0 °

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

C

Ativar o Windows

Fonte: WebPrescritivo (2019).

## b) Etiquetagem da Escola Maria Ortiz

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A

Atende pré-requisito para B

Atende pré-requisito para C

Este pré-requisito não se aplica à edificação

Não atende

A edificação possui isolamento de tubulações

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8

Cidade Vitória ES

Dados Dimensionais da Edificação

$A_{TOT}$  3273.7 m<sup>2</sup> FA: 0.37

$A_{PCOB}$  1224.67 m<sup>2</sup>

$A_{PE}$  1224.67 m<sup>2</sup>

$V_{TOT}$  14011.44 m<sup>3</sup> FF: 0.21

$A_{ENV}$  2952.53 m<sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS 0.87

PAF<sub>T</sub> 38.29 %

PAF<sub>O</sub> 13.9 %

AVS 0 °

AHS 0 °

Pré-requisitos

$U_{COB-AC}$  1.52 W/(m<sup>2</sup>K)  $Q_{COB}$  60 %

$U_{COB-ANC}$  1.52 W/(m<sup>2</sup>K)  $CT_{PAR}$  500 kJ/(m<sup>2</sup>K)

$U_{PAR}$  1.45 W/(m<sup>2</sup>K)  $Q_{PAR}$  30 %

PAZ 0 % FS 0

Calcular Eficiência Limpar

C

Fonte: WebPrescritivo (2019).



## c) Etiquetagem do IPHAN – Edifício Original

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A

Atende pré-requisito para B

Atende pré-requisito para C

A edificação possui isolamento de tubulações

Este pré-requisito não se aplica à edificação

Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8

Cidade Vitória ES

Pré-requisitos

U<sub>COB-AC</sub> 1.69 W/(m<sup>2</sup>K) ?

Q<sub>COB</sub> 60 % ?

U<sub>COB-ANC</sub> 1.69 W/(m<sup>2</sup>K) ?

C<sub>T,PAR</sub> 500 kJ/(m<sup>2</sup>K) ?

U<sub>PAR</sub> 1.14 W/(m<sup>2</sup>K) ?

Q<sub>PAR</sub> 20 % ?

PAZ 0 % ?

FS 0 ?

Dados Dimensionais da Edificação

A<sub>TOT</sub> 381.47 m<sup>2</sup> ? FA: 0.42 ?

A<sub>PCOB</sub> 160.3 m<sup>2</sup> ?

A<sub>PE</sub> 143.67 m<sup>2</sup> ?

V<sub>TOT</sub> 1582.43 m<sup>3</sup> ? FF: 0.39 ?

A<sub>ENV</sub> 624.71 m<sup>2</sup> ?

Características das Aberturas

FS 0.87 ?

PAF<sub>T</sub> 11.12 % ?

PAF<sub>O</sub> 0 % ?

AVS 0 ° ?

AHS 45 ° ?

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

Ativar o Windows

Fonte: WebPrescritivo (2019).

## d) Etiquetagem do IPHAN – Anexo

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A

Atende pré-requisito para B

Atende pré-requisito para C

A edificação possui isolamento de tubulações

Este pré-requisito não se aplica à edificação

Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8

Cidade Vitória ES

Pré-requisitos

U<sub>COB-AC</sub> 1.72 W/(m<sup>2</sup>K) ?

U<sub>COB-ANC</sub> 1.72 W/(m<sup>2</sup>K) ?

U<sub>PAR</sub> 2.46 W/(m<sup>2</sup>K) ?

PAZ 0 % ?

G<sub>COB</sub> 60 % ?

C<sub>T,PAR</sub> 150 kJ/(m<sup>2</sup>K) ?

G<sub>PAR</sub> 20 % ?

FS 0 ?

Dados Dimensionais da Edificação

A<sub>TOT</sub> 162.42 m<sup>2</sup> ? FA: 0.20 ?

A<sub>PCOB</sub> 31.69 m<sup>2</sup> ?

A<sub>PE</sub> 31.69 m<sup>2</sup> ?

V<sub>TOT</sub> 537.36 m<sup>3</sup> ? FF: 0.66 ?

A<sub>ENV</sub> 352.32 m<sup>2</sup> ?

Características das Aberturas

FS 0.87 ?

PAF<sub>T</sub> 14.64 % ?

PAF<sub>O</sub> 0 % ?

AVS 0 ° ?

AHS 0 ° ?

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência Limpar

Ativar o Windows

Fonte: WebPrescritivo (2019).

## e) Etiquetagem do Museu Solar Monjardim

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final

A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

Atende pré-requisito para A

Atende pré-requisito para B

Atende pré-requisito para C

A edificação possui isolamento de tubulações

Este pré-requisito não se aplica à edificação

Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 8

Cidade Vitória ES

Pré-requisitos

U<sub>COB-AC</sub> 0 W/(m<sup>2</sup>K)  α<sub>COB</sub> 60 %

U<sub>COB-ANC</sub> 2 W/(m<sup>2</sup>K)  CT<sub>PAR</sub> 310 kJ/(m<sup>2</sup>K)

U<sub>PAR</sub> 2.61 W/(m<sup>2</sup>K)  σ<sub>PAR</sub> 20 %

PAZ 0 %  FS 0

Dados Dimensionais da Edificação

A<sub>TOT</sub> 451.31 m<sup>2</sup> FA: 0.84

A<sub>PCOB</sub> 377.14 m<sup>2</sup>

A<sub>PE</sub> 307.04 m<sup>2</sup>

V<sub>TOT</sub> 2888.3 m<sup>3</sup> FF: 0.48

A<sub>ENV</sub> 1376.46 m<sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS 0.87

PAF<sub>T</sub> 1.87 %

PAF<sub>O</sub> 0.42 %

AVS 0 °

AHS 0 °

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela absorvância térmica da cobertura.

Calcular Eficiência Limpar

Ativar o Windows

Fonte: WebPrescritivo (2019).