

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

TESE

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE *RETROFIT* ENERGÉTICO
EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS BRASILEIRAS**

PAMMILA JAPIASSÚ

BRASÍLIA

2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

TESE

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE *RETROFIT* ENERGÉTICO
EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS BRASILEIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília para fins avaliativos da banca de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, na área de concentração de tecnologia, ambiente e sustentabilidade; e na linha de pesquisa de sustentabilidade, qualidade e eficiência do ambiente construído; desenvolvido sob orientação da Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim e coordenação do Prof. Dr. Oscar Luís Ferreira.

BRASÍLIA

2019

Dados Internacionais de Catalogação e Publicação (CIP)

Japiassú, Pammila.

Método para avaliação de retrofit energético em edificações históricas brasileiras [manuscrito] / Pammila Japiassú. - 2019.

321 f. : il., figs, tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Naves David Amorim;
Coorientador: Prof. Dr. Oscar Luís Ferreira.

Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, tabelas, abreviaturas e siglas.

Apêndices. Anexos.

1. Retrofit energético 2. Edificações Históricas 3. Tomada de decisão projetual 4. Preservação do patrimônio 5. Avaliação de estratégias de intervenção. I. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE *RETROFIT* ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS BRASILEIRAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília para fins avaliativos da banca de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, na área de concentração de tecnologia, ambiente e sustentabilidade; e na linha de pesquisa de sustentabilidade, qualidade e eficiência do ambiente construído; desenvolvido sob orientação da Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim e coorientação do Prof. Dr. Oscar Luís Ferreira.

Aprovada em ____ / ____ / ____.

Prof.^a. Dr.^a. Cláudia Naves David Amorim (Presidente)
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Oscar Luís Ferreira (Coorientador)
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Márcio Albuquerque Buson (Examinador Interno)
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Romeu da Silva Vicente (Examinador Externo)
Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Silvio Burrattino Melhado (Examinador Externo)
Universidade de São Paulo



*Aos meus pais, Coraci e José Roberto,
e meus irmãos, Júnior e Felipe, com
todo amor.*

AGRADECIMENTOS

A escrita desta tese foi uma construção que envolveu a participação de muitas pessoas, em especial, destaco e agradeço àquelas que foram fundamentais não apenas para minha formação acadêmica, como também para o meu crescimento pessoal durante o percurso do doutorado.

Agradeço à minha orientadora professora Cláudia Amorim e ao meu coorientador professor Oscar Ferreira, por compartilhar seus conhecimentos, pelo incentivo, pela perspicácia em conduzir os trabalhos desenvolvidos mesmo em períodos de mudanças.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo pelos ensinamentos, bem como ao João e Diego da secretaria do programa pela atenção e prestatividade em todas as fases do doutorado.

Aos professores Silvio Melhado, Romeu Vicente e Márcio Buson pelos apontamentos e sugestões realizados contribuindo muito para o enriquecimento desta pesquisa.

À Mariana Guimarães, Julia Kanno, Thaís Magalhães e Cecília Cardoso, que tive oportunidade de conhecer durante o período da pós-graduação e que contribuíram para o desenvolvimento da tese.

À equipe do Museu das Bandeiras (Tony Willian Boita, Tatiele), da Secretaria da Fazenda: (Laurenito Noleto, Cristian), do Palácio do Itamaraty (Marcelo Vieira, Caio Pessoa, Joanna Fulford) e do Palácio da Justiça (Thais Goes, Daniel Dubugras, Leila, Renê) pela prestatividade e colaboração para o durante os levantamentos de dados nas edificações.

Ao Iphan, em nome da presidente Kátia Bogéa, que em várias instâncias auxiliou para a pesquisa sobre as edificações, em especial, a equipe do Distrito Federal, de Goiás e do Rio de Janeiro.

À minha família, sobretudo minha mãe, meu pai em memória, meus irmãos Júnior e Felipe, por todo o amor e dedicação. À minha tia Irani e primos Karina, Karla e Raphael pelo apoio e acolhimento em Brasília durante todos os anos do doutorado na UnB. À minha querida avó Lenir, demais tios e primos, em especial, o Jônatas pelo apoio, incentivo e carinho de sempre.

Às minhas amigas Wanessa Corrêa, Mariana Guimarães, Leiliane Santana, Moema Barros, Samantha Salinas, Cristiane Oliveira, Viviane Honorato, Dayanne Chaves, por todo amor e companheirismo.

Aos meus colegas de trabalho pelo apoio e suporte nesse período de dedicação ao doutorado (Rosinete Bandeira, Ana Maria Lemos, Eduardo Rezende e Wanderley Brito).

Aos meus alunos que me motivam a constante busca pelo meu aperfeiçoamento profissional e acadêmico.

Para finalizar, agradeço a Deus por me fortalecer e capacitar durante todo o percurso do doutorado.



“É preciso se libertar das ‘amarras’, não jogar fora simplesmente o passado e toda a sua história; o que é preciso é considerar o passado como presente histórico. O passado, visto como presente histórico é ainda vivo, é um presente que ajuda a evitar as várias arapucas.”

Lina Bo Bardi

RESUMO

JAPIASSÚ, P. Método para avaliação de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras. 2019. 321f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

Durante o processo de projeto de intervenção em edificações históricas ou tombadas, há diversos aspectos a serem considerados para a escolha das melhores estratégias. Conciliar a preservação do patrimônio cultural com o atendimento às novas demandas projetuais, tais como desempenho energético e conforto térmico, nem sempre é um processo claro ou que ocorre de forma sistematizada para o projetista. Nesse contexto, esta tese tem como objetivo desenvolver um método para avaliar as estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras, ponderando as variáveis de desempenho energético, conforto térmico e a preservação dos atributos do patrimônio cultural para auxiliar o processo de tomada de decisão do projetista. A hipótese é que a aplicação do método possibilita estabelecer o grau de impacto das estratégias de *retrofit* energético quanto aos atributos do patrimônio cultural, bem como realizar uma avaliação integrada com valores de conforto térmico e consumo energético para sistematizar a escolha das melhores estratégias de intervenção em edificações históricas. A elaboração do método foi baseada na revisão da literatura nacional e internacional, bem como na adoção de critérios de preservação de edificações históricas fundamentada na legislação brasileira sobre patrimônio arquitetônico. O método inclui cinco etapas que foram aplicadas a quatro estudos de caso: o Museu das Bandeiras e a Secretaria da Fazenda da cidade de Goiás, e o Palácio do Itamaraty e o Palácio da Justiça, em Brasília. Na primeira etapa, foi realizado levantamento de dados das edificações históricas visando à sua caracterização física, de aspectos históricos, de valoração patrimonial, aspectos climáticos e da relação da edificação com entorno. Na segunda etapa, foi gerado o modelo da situação original das quatro edificações históricas utilizando o programa *DesignBuilder*, bem como feita a simulação computacional do desempenho térmico energético dessas para obtenção dos valores de consumo energético e Percentual de horas Ocupadas em Conforto (POC). Na terceira etapa, foram propostas estratégias de intervenção para a envoltória das edificações do período colonial e modernas estudadas. Na quarta etapa, foram realizadas a simulação computacional do desempenho térmico energético de cada uma das estratégias de intervenção aplicadas às edificações históricas. Paralelamente, foram elaborados e aplicados questionários de resposta *on-line* por especialistas da área de patrimônio buscando avaliar o grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura colonial e moderna, bem como o grau de impacto das estratégias de intervenção em atributos do patrimônio cultural nas edificações históricas. Foi obtida a pontuação de preservação a partir da quantificação das respostas dos especialistas aos questionários. A quinta etapa consistiu na avaliação integrada dos resultados obtidos de consumo energético, POC e pontuação de preservação de cada estratégia de intervenção aplicada às edificações históricas. Dados os objetivos por vezes conflitantes entre as variáveis analisadas, as estratégias escolhidas apresentaram desempenhos superiores à situação original, mas não foram as que apresentaram melhores resultados de consumo energético e POC. O método, portanto, apresentou-se aplicável, ou seja, auxiliou a tomada de decisão de projeto de *retrofit* energético possibilitando a identificação das melhores estratégias de intervenção ponderando as três variáveis para cada edificação histórica.

Palavras-chave: *Retrofit* energético. Edificações Históricas. Tomada de decisão projetual. Preservação do patrimônio. Avaliação de estratégias de intervenção.

ABSTRACT

JAPIASSÚ, P. Method for evaluation of energy retrofit in Brazilian historic buildings. 2019. 321f. **Doctoral Thesis** (PhD in Architecture and Urbanism) – Faculty of Architecture and Urbanism, University of Brasilia, Brasilia, 2019.

During the intervention design process in historic or tumbled buildings, there are several aspects to consider when choosing the best strategies. Reconciling the preservation of cultural heritage with meeting new design demands, such as energy performance and thermal comfort, is not always a clear process or occurs systematically for the designer. In this context, this thesis aims to develop a method to evaluate energy retrofit strategies in Brazilian historic buildings, considering the variables of energy performance, thermal comfort and the preservation of cultural heritage attributes to help the decision making process of the designer. The hypothesis is that the application of the method makes it possible to establish the degree of impact of energy retrofit strategies on the attributes of cultural heritage, as well as to perform an integrated assessment with values of thermal comfort and energy consumption to systematize the choice of the best intervention strategies in historic buildings. The elaboration of the method was based on the review of the national and international literature, as well as the adoption of criteria for preservation of historical buildings based on the Brazilian legislation on built heritage. The method includes five steps which were applied to four case studies: the Museum of Flags and the Treasury Department of the city of Goiás, and the Itamaraty Palace and the Justice Palace in Brasilia. In the first stage, data were collected from historical buildings aiming at their physical characterization, historical aspects, heritage valuation, climatic aspects and the relationship between the building and its surroundings. In the second stage, the original situation model of the four historical buildings was generated using the DesignBuilder program, as well as the computational simulation of the thermal energy performance of these to obtain the values of energy consumption and Percentage of Hours Occupied in Comfort (POC). In the third stage, intervention strategies were proposed for the envelope of the studied colonial and modern buildings. In the fourth stage, the computational simulation of the thermal energy performance of each of the intervention strategies applied to the historical buildings was performed. At the same time, online response questionnaires were designed and applied by heritage specialists seeking to assess the degree of importance of the constructive components of colonial and modern architecture, as well as the degree of impact of intervention strategies on values of cultural significance in historical buildings. The preservation score was obtained from the quantification of the experts' answers to the questionnaires. The fifth stage consisted of the integrated evaluation of the results obtained from energy consumption, POC and preservation score of each intervention strategy applied to historic buildings. Given the sometimes conflicting objectives between the variables analyzed, the strategies chosen presented performances superior to the original situation, but were not the ones that presented the best results of energy consumption and POC. Therefore, the method was applicable, that is, it helped the decision making of energy retrofit project allowing the identification of the best intervention strategies by weighing the three variables for each historical building.

Keywords: Energy retrofit. Historic buildings. Design decision-making. Heritage preservation. Evaluation of intervention strategies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação do tipo de pesquisa desenvolvida na tese.	29
Figura 2: Procedimentos metodológicos da pesquisa realizados para o desenvolvimento do método proposto.....	31
Figura 3: Procedimentos metodológicos da pesquisa realizados para avaliação do método proposto..	32
Figura 4: Estrutura textual da tese composta por três partes principais de desenvolvimento textual. ..	34
Figura 5: Estratégias de <i>retrofit energético</i> em edificações	45
Figura 6: Projeto básico de restauração do patrimônio edificado.....	59
Figura 7: Fluxograma simplificado do processo de projeto com indicação das etapas de aprovação no IPHAN.....	60
Figura 8: Fluxograma simplificado do processo de projeto integrado para projetos de restauração de edifícios históricos.	60
Figura 9: Processo de avaliação de impacto patrimonial	69
Figura 10: Método para avaliar <i>retrofit</i> em termos de compatibilidade de conservação, necessidades energéticas para aquecimento e resfriamento, e conforto térmico	71
Figura 11: Processo de quantificação do impacto ambiental para cada medida de <i>retrofit</i>	71
Figura 12: Detalhamento da etapa 2 de quantificação da compatibilidade de conservação do <i>retrofit</i>	72
Figura 13: Resultados da avaliação das medidas de <i>retrofit</i> a partir da otimização multiobjetiva até a 20ª geração.	76
Figura 14: Fases do método para avaliação das estratégias de <i>retrofit</i> energético em edificações históricas brasileiras.....	96
Figura 15: Exemplo da estrutura da matriz proposta para avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura.	111
Figura 16: Exemplo de preenchimento de matriz emparelhada por especialista.	112
Figura 17: Estrutura da planilha de avaliação de impacto das estratégias de intervenção nos atributos do patrimônio cultural das edificações históricas.....	117
Figura 18: Exemplo de preenchimento da matriz de avaliação do impacto das EIs nos atributos do patrimônio cultural de uma edificação histórica.	118
Figura 19: Processo de obtenção da Pontuação de Preservação Final a partir da aplicação dos dois questionários.	120

Figura 20: Zoneamento Bioclimático brasileiro.....	124
Figura 21: Edificações históricas na cidade de Goiás, Goiás: (a) Casa de Câmara e Cadeia e (b) Sobrado Real Fazenda.....	125
Figura 22: Edificações históricas em Brasília, Distrito Federal: (a) Palácio do Itamaraty e (b) Palácio da Justiça.....	125
Figura 23: Planta de Villa Boa, 1782.....	129
Figura 24: Gráficos de temperatura e zona de conforto térmico de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	135
Figura 25: Gráfico de precipitação de chuva e gráfico de umidade relativa de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	135
Figura 26: Gráfico da radiação global horizontal diária máxima e mínima mensal com valores médios de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	136
Figura 27: Carta solar de Goiás (a) até 21 de junho e (b) após 21 de junho, baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	136
Figura 28: (a) Rosa dos ventos de Goiás, rosa dos ventos (b) de dia e (c) a noite baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	137
Figura 29: Condições de conforto anual e principais estratégias bioclimáticas para Goiás.....	137
Figura 30: Localização Museu das Bandeiras (1) e Secretaria da Fazenda (2).....	139
Figura 31: Fachadas do Museu das Bandeiras.....	143
Figura 32: Plantas do Museu das Bandeiras.....	143
Figura 33: Detalhes da escada principal de acesso ao pavimento superior no Museu das Bandeiras.....	144
Figura 34: Cápsula elevatória, escada de acesso ao alçapão do piso superior do Museu das Bandeiras.....	145
Figura 35: Fachadas do Museu das Bandeiras.....	146
Figura 36: Exemplos de esquadrias das fachadas do Museu das Bandeiras.....	147
Figura 37: Detalhes da cobertura e do forro do pavimento superior no Museu das Bandeiras.....	147
Figura 38: Região escolhida para realização das medições do fluxo de calor da parede de taipa de pilão na fachada Oeste do Museu das Bandeiras.....	148
Figura 39: Valores médios por hora de transmitância térmica da parede de taipa de pilão, temperatura ambiental interna e temperatura ambiental externa do Museu das Bandeiras.....	149
Figura 40: Detalhes do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras.....	151
Figura 41: Arborização existente no entorno do Museu das Bandeiras.....	153

Figura 42: Consumo energético em kWh/m ² do Museu das Bandeiras por mês.....	154
Figura 43: Edificação histórica no início do século XX, à esquerda, e na década de 1960 após reforma, à direita.....	155
Figura 44: Estado da edificação histórica de abandono.	156
Figura 45: Algumas fotos da obra de adequação na década de 1990 existentes no edifício como registro histórico.....	156
Figura 46: Fachadas da Secretaria da Fazenda.....	157
Figura 47: Plantas da Secretaria da Fazenda.	158
Figura 48: Detalhes das divisórias internas da Secretaria da Fazenda.	159
Figura 49: Detalhes da estrutura e escada metálica da Secretaria da Fazenda.	160
Figura 50: Fachadas da Secretaria da Fazenda da Cidade de Goiás.....	161
Figura 51: Detalhes da cobertura da Secretaria da Fazenda.....	162
Figura 52: Região escolhida para realização das medições do fluxo de calor da parede de taipa de pilão na fachada oeste da Secretaria da Fazenda.....	163
Figura 53: Valores médios por hora de transmitância térmica da parede de taipa de pilão, temperatura ambiental interna e temperatura ambiental externa da Secretaria da Fazenda, em 2019.	163
Figura 54: Sistema de iluminação artificial da Secretaria da Fazenda.....	166
Figura 55: Sistema de ar condicionado da Secretaria da Fazenda.....	167
Figura 56: Novas áreas de adensamento residencial multifamiliar propostas por Lucio Costa em 1987.	172
Figura 57: Planta do Conjunto Urbanístico de Brasília indicando os principais setores (áreas) residenciais acrescidos ao plano original.	175
Figura 58: Mapa da área tombada contendo as duas macroáreas de proteção com as ZPs: A, em tons terrosos, e B, em tons de azul.....	176
Figura 59: Gráficos de temperatura e zona de conforto térmico de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	177
Figura 60: Gráfico de precipitação de chuva e gráfico de umidade relativa de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	178
Figura 61: Gráfico de radiação global horizontal diária máxima e mínima mensal com valores médios de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	178
Figura 62: Carta solar de Brasília (a) até 21 de junho e (b) após 21 de junho, baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.....	179

Figura 63: (a) Rosa dos ventos de Brasília, rosa dos ventos (b) de dia e (c) a noite baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.	179
Figura 64: Condições de conforto anual e principais estratégias bioclimáticas para Brasília.....	180
Figura 65: Localização do Palácio da Justiça e do Palácio do Itamaraty na Esplanada dos Ministérios em Brasília.	182
Figura 66: Fachadas do Palácio do Itamaraty.	184
Figura 67: Plantas dos pavimentos e de cobertura do Palácio do Itamaraty por uso.	185
Figura 68: Fachadas do Palácio do Itamaraty.	188
Figura 69: Detalhes da fachada oeste do Palácio do Itamaraty.	188
Figura 70: Detalhes da cobertura do Palácio do Itamaraty.	189
Figura 71: Sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty.	190
Figura 72: Sistema de ar condicionado do Palácio do Itamaraty.	192
Figura 73: Consumo energético em kWh/m ² do Palácio do Itamaraty e Anexo I por mês no período de 2016 a 2018.....	193
Figura 74: Fachadas do Palácio da Justiça.	195
Figura 75: Plantas do Palácio da Justiça.	196
Figura 76: Fachadas do Palácio da Justiça.	199
Figura 77: Exemplos de luminárias e lâmpadas existentes no Palácio da Justiça.....	200
Figura 78: Sistema de ar condicionado do Palácio da Justiça.	202
Figura 79: Consumo energético em kWh/m ² do Palácio da Justiça.	203
Figura 80: Estratégias de intervenção propostas para a envoltória das edificações históricas do período colonial estudadas.	206
Figura 81: Estratégias de intervenção propostas para a envoltória das edificações históricas modernas estudadas.	208
Figura 82: Modelo da situação original do Museu das Bandeiras no <i>DesignBuilder</i>	215
Figura 83: Modelo da situação original da Secretaria da Fazenda no <i>DesignBuilder</i>	215
Figura 84: Modelo da situação original do Palácio do Itamaraty no <i>DesignBuilder</i>	216
Figura 85: Modelo da situação original do Palácio da Justiça no <i>DesignBuilder</i>	216
Figura 86: Temperaturas simuladas no <i>DesignBuilder</i> e medidas <i>in situ</i> obtidas para calibração do modelo do Museu das Bandeiras.....	217

Figura 87: Temperaturas simuladas no <i>DesignBuilder</i> e medidas <i>in situ</i> obtidas para calibração do modelo da Secretaria da Fazenda.	218
Figura 88: Temperaturas simuladas no <i>DesignBuilder</i> e medidas <i>in situ</i> obtidas para calibração do modelo do Palácio do Itamaraty.....	218
Figura 89: Temperaturas simuladas no <i>DesignBuilder</i> e medidas <i>in situ</i> obtidas para calibração do modelo do Palácio da Justiça.	219
Figura 90: Consumo energético mensal de cada EI da Secretaria da Fazenda.....	220
Figura 91: Consumo energético mensal de cada EI do Palácio do Itamaraty.	222
Figura 92: Consumo energético mensal de cada EI do Palácio da Justiça.....	223
Figura 93: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras - POC e pontuação de preservação.....	232
Figura 94: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	233
Figura 95: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty- consumo energético, POC e pontuação de preservação.	234
Figura 96: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	235

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios de avaliação das estratégias de <i>retrofit</i> energético em edificações históricas segundo a EN 16883 (2017).....	67
Tabela 2: Grupos de projeto de pesquisa na UE.	68
Tabela 3: Exemplo de uma matriz de comparação emparelhada preenchida, onde J: janelas; PE: paredes externas; EX: superfície exterior; IN: superfície interior; C: cobertura; PI: Paredes internas; T: tetos; V: Visual; F: físico; E: espacial.....	73
Tabela 4: Média dos pesos aplicados a cada componente do edifício considerando os aspectos de conservação.....	74
Tabela 5: Pontuação de conservação de cada medida de eficiência energética realizada por especialistas locais.	75
Tabela 6: Método de diagnóstico do real desempenho da envoltória em edificações tombadas por Domingo-Irigoyen <i>et al.</i> (2013).	80
Tabela 7: Itens da envoltória a serem inspecionados <i>in situ</i>	86
Tabela 8: Principais métodos para determinação da transmitância térmica (U) em elementos opacos em edificações históricas.....	89
Tabela 9: Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto.	97
Tabela 10: Itens a serem observados e levantados na Fase 1.....	99
Tabela 11: Amostra de especialistas atuantes na área do patrimônio arquitetônico selecionada para responder os questionários.	109
Tabela 12: Distribuição dos questionários por especialistas e quantitativos de respondentes.	110
Tabela 13: Definições utilizados para julgamento matriz de comparação emparelhada e pontuações respectivas.....	112
Tabela 14: Exemplo de preenchimento de matriz emparelhada com a pontuação (parte inferior da diagonal) e os valores recíprocos (parte superior da diagonal).	113
Tabela 15: Exemplo de matriz normalizada.....	114
Tabela 16: Exemplo de cálculo para obtenção do valor principal de Eigen (λ_{\max}).....	114
Tabela 17: Valores de RI em função do número de critérios da matriz.	115
Tabela 18: Exemplo de cálculo do Vetor de Eigen médio aplicados a cada componente construtivo da arquitetura para obtenção do Peso da Pontuação de Preservação.	116

Tabela 19: Análises propostas para avaliação do impacto das EIs nos aspectos de valoração de edificações históricas.....	117
Tabela 20: Escala de pontuação de avaliação do impacto das EIs na preservação dos atributos do patrimônio cultural de edificações históricas.	119
Tabela 21: Exemplo de Pontuação de Presevação Final de cada estratégia de intervenção obtidas após análises dos especialistas obtidas pelas respostas dos questionários 1 e 2.....	121
Tabela 22: Municípios do Distrito Federal e de Goiás com conjunto urbano ou arquitetônico tombado pelo Iphan.....	123
Tabela 23: Municípios selecionados para pesquisa.....	124
Tabela 24: Características gerais do Museu das Bandeiras.....	145
Tabela 25: Dados da medição para obtenção da transmitância e resistência térmica da parede de taipa de pilão do Museu das Bandeiras.....	149
Tabela 26: Dados da medição da refletância obtidos com o espectrômetro da parede de taipa de pilão do Museu das Bandeiras.....	150
Tabela 27: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Museu das Bandeiras.....	151
Tabela 28: Valores de potência do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras.....	152
Tabela 29: Consumo energético em KWh/m ² do Museu das Bandeiras.....	153
Tabela 30: Características gerais da Secretaria da Fazenda.	160
Tabela 31: Dados da medição para obtenção da transmitância e resistência térmica da parede de taipa de pilão da fachada oestes da Secretaria da Fazenda, em 2019.....	164
Tabela 32: Dados da medição refletância obtidos com o espectrômetro da parede de taipa de pilão da Secretaria da Fazenda.....	165
Tabela 33: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória da Secretaria da Fazenda.	165
Tabela 34: Valor de potência total do sistema de iluminação da Secretaria da Fazenda.	166
Tabela 35: Características gerais do Palácio do Itamaraty.....	187
Tabela 36: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio do Itamaraty.	189
Tabela 37: Quantitativos e especificações do sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty.	191
Tabela 38: Consumo energético em kWh/m ² do Palácio do Itamaraty e Anexo I.	193
Tabela 39: Características gerais do Palácio da Justiça.	198

Tabela 40: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio da Justiça.....	200
Tabela 41: Valores de potência do sistema de iluminação do Palácio da Justiça.	201
Tabela 42: Consumo energético em kWh/m ² do Palácio da Justiça.....	203
Tabela 43: Variáveis e estratégias de <i>retrofit</i> da envoltória para simulação computacional das edificações do período colonial.....	210
Tabela 44: Variáveis e estratégias de <i>retrofit</i> da envoltória para simulação computacional das edificações modernas.	211
Tabela 45: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Museu das Bandeiras.....	213
Tabela 46: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência da Secretaria da Fazenda.	213
Tabela 47: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Palácio do Itamaraty.	213
Tabela 48: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Palácio da Justiça.....	214
Tabela 49: Dados do período de medição, local e CV(RMSE) das temperaturas internas medidas in situ nos quatro edifícios.....	217
Tabela 50: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada da Secretaria da Fazenda.....	220
Tabela 51: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada do Palácio do Itamaraty.	221
Tabela 52: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada do Palácio da Justiça.	223
Tabela 53: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Museu das Bandeiras.....	225
Tabela 54: POC das estratégias de intervenção aplicadas à Secretaria da Fazenda.	225
Tabela 55: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Palácio do Itamaraty.	226
Tabela 56: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Palácio da Justiça.....	226
Tabela 57: Valores do Vetor de Eigen obtidos pelo preenchimento por especialistas das matrizes de grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura colonial.	227
Tabela 58: Valores do Vetor de Eigen obtidos pelo preenchimento por especialistas das matrizes de grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura moderna.	227

Tabela 59: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras.	228
Tabela 60: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda.	229
Tabela 61: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty.	229
Tabela 62: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça.....	230
Tabela 63: Resultados das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	232
Tabela 64: Resultados das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	233
Tabela 65: Resultados das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	234
Tabela 66: Resultados das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça - consumo energético, POC e pontuação de preservação.	235

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytical Hierachy Process</i> (Processo Analítico Hierárquico)
AHU	Arquivo Histórico Ultramarino
APs	Áreas de Preservação
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
Cgcre	Coordenação Geral de Acreditação
DPHAN	Departamento do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
EI	Estratégia de intervenção
EPIA	Estrada Parque Indústria e Abastecimento
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EN	European Norms
GDF	Governo do Distrito Federal
GBC	<i>Green Building Council</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HBIM	<i>Historic Building Information Modeling</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IRT	<i>Infrared Thermography</i> (termografia infravermelha)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional

INMET	Instituto Nacional de Meteorologia –.
IN	Instrução Normativa
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MAUT	<i>Multiattribute Utility Theory</i> (Teoria de utilidade multiatributo)
MAVT	<i>Multiattribute Value Theory</i> (Teoria de valor multiatributo)
MOEAs	<i>Multiobjective Optimization Evolutionary Algorithms</i> (Algoritmos evolutivos para otimização multiobjetivo)
MCDA	<i>Multiple Criteria Decision Analysis</i> (Análise de decisão multicritérios)
NDT	<i>Nondestructive Testing</i> (técnicas não destrutivas)
NSGA – II	<i>Nondominated Sorting Genetic Algorithm II</i>
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
OMO	Otimização multiobjetiva
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i> (Voto Médio Estimado)
POC	Percentual de horas Ocupadas em Conforto
PROJETEEE	Projetando Edificações Energeticamente Eficientes
PPG FAU UnB	Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília
RAC-C	Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público
RRT	Registro de Responsabilidade Técnica
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos
SPIUnet	Sistema de Gestão dos Imóveis de Uso Especial da União
SRU	Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense

ZB

Zona Bioclimática

ZPs

Zonas de Preservação

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Absortância Solar
α_{cob}	Absortância Solar da Cobertura
α_{par}	Absortância Solar das Paredes
φ	Atraso térmico (horas)
c	Calor específico (KJ/(Kg.K))
λ	Condutividade térmica (W/(m.K))
ρ	Densidade de massa aparente (Kg/m ³)
ε	Emissividade (%)
λ_{max}	Valor principal de Eigen
A_{pe}	Área de projeção do edifício (m ²)
A_{pcob}	Área de projeção da cobertura (m ²)
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento (graus)
A_{env}	Área da Envoltória (m ²)
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento (graus)
A_{tot}	Área total de piso (m ²)
CT	Capacidade térmica (kJ/m ² . K)
CTpar	Capacidade Térmica das Paredes
COP	<i>Coefficient Of Performance</i>
CI	<i>Consistency Index</i> (índice de consistência)
CR	<i>Consistency Ratio</i> (taxa de consistência)
ICenv. máxD	Indicador de Consumo da Envoltória para a Zona Bioclimática (adimensional)
IC	Índice de Consistência

FS	Fator Solar
PAZ	Percentual de Abertura Zenital
PAF _o	Percentual de área de Abertura na Fachada Oeste
PAF _T	Percentual de área de Abertura na Fachada Total
R	Resistência térmica (m ² . K/W)
RI	<i>Random Index</i> (índice aleatório de consistência)
TL	Transmissão Luminosa
U	Transmitância térmica (W/(m ² .K))
U _{cob}	Transmitância Térmica da Cobertura
U _{par}	Transmitância Térmica das Paredes
Vtot	Volume total da edificação (m ³)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	24
1.1. Motivação da tese	26
1.2. Objetivos	28
1.3. Hipótese	28
1.4. Procedimentos metodológicos da pesquisa.....	29
1.5. Variáveis de análise da pesquisa	33
1.6. Estrutura textual da tese.....	33
PARTE I	37
REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO	37
2. RETROFIT ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	38
2.1. Estudos sobre <i>retrofit</i> energético em edificações históricas	39
2.2. Preservação e intervenção em edificações históricas	47
2.3. Projeto de intervenção e legislação sobre edificações históricas no Brasil.....	57
2.4. Avaliação do impacto do <i>retrofit</i> energético com os critérios de preservação patrimonial 65	
2.5. Considerações gerais	77
3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS 79	
3.1. Métodos para avaliação de desempenho energético em edificações históricas.....	79
3.2. Diagnóstico de desempenho energético em edificações existentes e os regulamentos brasileiros de eficiência energética	83
3.3. Avaliação de desempenho térmico da envoltória em edificações históricas <i>in situ</i>	88
3.4. Considerações gerais	93
PARTE II	95
APRESENTAÇÃO DO MÉTODO E PROCEDIMENTOS PARA SUA AVALIAÇÃO.....	95
4. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO E PROCEDIMENTOS PARA SUA AVALIAÇÃO	96

4.1.	Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto	97
4.2.	Fases do método proposto para avaliação das estratégias de <i>retrofit</i> energético em edificações históricas brasileiras	98
4.2.1.	Fase 1 – Caracterização histórica e de significação cultural; do clima e do entorno; e física da edificação	98
4.2.2.	Fase 2 – Avaliação de desempenho energético e diagnóstico do estado atual da edificação histórica	104
4.2.3.	Fase 3 – Proposição de estratégias de intervenção	107
4.2.4.	Fase 4 – Avaliação das estratégias de intervenção: impacto na preservação dos atributos do patrimônio cultural; desempenho energético; e conforto térmico	108
4.2.5.	Fase 5 – Tomada de decisão	121
4.3.	Seleção dos estudos de casos para aplicação do método	122
	PARTE III	127
	APLICAÇÃO DO MÉTODO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	127
5.	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO EM GOIÁS	128
5.1.	Caracterização histórica, de significação cultural do clima da cidade de Goiás e do entorno das edificações históricas estudadas	128
5.1.1.	Contextualização histórica da cidade de Goiás	128
5.1.2.	Aspectos urbanísticos de valoração da cidade de Goiás	131
5.1.3.	Aspectos geográficos e climáticos da cidade de Goiás.....	134
5.1.4.	Localização e implantação das edificações históricas na cidade de Goiás	139
5.2.	Museu das Bandeiras	140
5.2.1.	Aspectos históricos e de valoração do Museu das Bandeiras	141
5.2.2.	Caracterização geral do Museu das Bandeiras	142
5.2.3.	Caracterização da envoltória do Museu das Bandeiras.....	146
5.2.4.	Caracterização do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras	151
5.2.5.	Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Museu das Bandeiras.	152
5.2.6.	Consumo energético do Museu das Bandeiras	153
5.3.	Secretaria da Fazenda.....	154
5.3.1.	Aspectos históricos e de valoração da Secretaria da Fazenda.....	154

5.3.2.	Caracterização da Secretaria da Fazenda.....	157
5.3.3.	Caracterização da envoltória da Secretaria da Fazenda	161
5.3.4.	Caracterização do sistema de iluminação da Secretaria da Fazenda	165
5.3.5.	Caracterização do sistema de condicionamento de ar da Secretaria da Fazenda	167
5.3.6.	Consumo energético da Secretaria da Fazenda.....	167
6.	CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO EM BRASÍLIA	168
6.1.	Caracterização histórica, de significação cultural, do clima de Brasília e do entorno das edificações históricas	168
6.1.1.	Contextualização histórica de Brasília	168
6.1.2.	Aspectos urbanísticos de valoração de Brasília	170
6.1.3.	Aspectos geográficos e climáticos de Brasília	177
6.1.4.	Localização e implantação das edificações históricas em Brasília	181
6.2.	Palácio do Itamaraty	182
6.2.1.	Aspectos históricos e de valoração do Palácio do Itamaraty	182
6.2.2.	Caracterização geral do Palácio do Itamaraty	184
6.2.3.	Caracterização da envoltória do Palácio do Itamaraty	187
6.2.4.	Caracterização do sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty	189
6.2.5.	Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Palácio do Itamaraty .	192
6.2.6.	Consumo energético do Palácio do Itamaraty	192
6.3.	Palácio da Justiça	194
6.3.1.	Aspectos históricos e de valoração do Palácio da Justiça	194
6.3.2.	Caracterização geral do Palácio da Justiça	195
6.3.3.	Caracterização da envoltória do Palácio da Justiça.....	198
6.3.4.	Caracterização do sistema de iluminação do Palácio da Justiça	200
6.3.5.	Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Palácio da Justiça.....	202
6.3.6.	Consumo energético do Palácio da Justiça	203
7.	AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE <i>RETROFIT</i> ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E TOMADA DE DECISÃO	205
7.1.	Estratégias de intervenção propostas e valores de referência	205

7.2. Configuração e calibragem dos modelos de referência dos edifícios para simulação computacional.....	214
7.3. Resultados da simulação computacional do consumo energético cada estratégia de intervenção.....	219
7.4. Resultados da simulação computacional do POC de cada estratégia de intervenção.....	224
7.5. Resultados da pontuação de preservação de cada estratégia proposta.....	227
7.6. Avaliação integrada: consumo energético, POC e pontuação de preservação.....	231
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	238
8.1. Cumprimento dos objetivos.....	238
8.2. Conclusões sobre o método proposto.....	239
8.3. Contribuições da tese.....	243
8.4. Limitações do estudo.....	243
8.5. Sugestões para trabalhos futuros.....	244
REFERÊNCIAS.....	245
APÊNDICE A – Aspectos do edifício a serem observados durante a visita <i>in situ</i>	258
APÊNDICE B – Formulário de levantamento de luminárias, lâmpadas e de equipamentos elétricos.....	260
APÊNDICE C – Formulário de registro de micro voltagens do espectrômetro para obtenção da absorvância térmica.....	261
APÊNDICE D – Questionário de avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura colonial.....	263
APÊNDICE E – Questionário de avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura moderna.....	264
APÊNDICE F – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Museu das Bandeiras.....	265
APÊNDICE G – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação da Secretaria da Fazenda.....	268
APÊNDICE H – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Palácio do Itamaraty.....	271
APÊNDICE I – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Palácio da Justiça.....	275

APÊNDICE J – Configurações dos modelos da situação original de cada edificação histórica no <i>DesignBuilder</i>.....	280
APÊNDICE K – Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura colonial.....	285
APÊNDICE L – Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura moderna.....	286
APÊNDICE M – Resultados parciais da Pontuação de Preservação das análises das estratégias de intervenção.....	287
ANEXO A – Escala de pontuação proposta por Saaty (1990) para AHP.....	293
ANEXO B – Especificação do sistema de condicionamento de ar da Secretaria da Fazenda....	294
ANEXO C – Especificação do sistema de condicionamento de ar do Palácio do Itamaraty.....	296
ANEXO D – Especificação da película FF1-C.....	297
ANEXO E – Especificação da película FF1-M.....	300
ANEXO F – Especificação da película FF2-C e FF2-M.....	303
ANEXO G – Especificação do vidro FF3-C.....	305
ANEXO H – Especificação do vidro FF3-M.....	307
ANEXO I – Especificação do vidro FF4-C.....	309
ANEXO J – Especificação do vidro FF4-M.....	311
ANEXO K – Especificação do vidro FT1-M.....	313

INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Associada à preocupação com a crise energética e a sustentabilidade ambiental, a busca pela integração de estratégias de eficiência energética ao projeto arquitetônico contemporâneo, tanto no projeto de edificações novas, como de *retrofit* em edificações existentes, tem se tornado recorrente. No contexto das edificações históricas ou tombadas, as intervenções arquitetônicas seguem princípios, tais como, distinguibilidade; mínima intervenção; reversibilidade; e compatibilidade de técnicas e materiais. Diante da necessidade de adequação desses edifícios aos novos usos e programas contemporâneos, que muitas vezes buscam integrar estratégias de conforto ambiental e eficiência energética, cabe a reflexão se é possível propor estratégias desse tipo sem que haja perda dos valores de preservação patrimonial.

As edificações tombadas são aquelas cuja conservação é de interesse público e que tiveram o processo de tombamento¹ deferido no âmbito da administração federal, estadual ou municipal. Portanto, são edificações reconhecidas como patrimônio cultural², inscritas em um ou mais Livros do Tombo³ e

¹ “O tombamento é o instrumento de reconhecimento e proteção do patrimônio cultural mais conhecido, e pode ser feito pela administração federal, estadual e municipal. Em âmbito federal, o tombamento foi instituído pelo Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, o primeiro instrumento legal de proteção do Patrimônio Cultural Brasileiro e o primeiro das Américas, e cujos preceitos fundamentais se mantêm atuais e em uso até os nossos dias. [...] A palavra toambo, significando registro, começou a ser empregada pelo Arquivo Nacional Português, fundado por D. Fernando, em 1375, e originalmente instalado em uma das torres da muralha que protegia a cidade de Lisboa. Com o passar do tempo, o local passou a ser chamado de Torre do Tombo. Ali eram guardados os livros de registros especiais ou livros do toambo. No Brasil, como uma deferência, o Decreto-Lei adotou tais expressões para que todo o bem material passível de acautelamento, por meio do ato administrativo do tombamento, seja inscrito no Livro do Tombo correspondente” (IPHAN, 2019, n.p.).

² “De acordo com o Decreto [Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937], o Patrimônio Cultural é definido como um conjunto de bens móveis e imóveis existentes no País e cuja conservação é de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico. São também sujeitos a tombamento os monumentos naturais, sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou criados pela indústria humana” (IPHAN, 2019, n.p.).

³ Na esfera federal, sob tutela do Iphan, tem-se atualmente quatro Livros do Tombo, que são: Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; Histórico; das Belas Artes; e das Artes Aplicadas (IPHAN, 2019, n.p.).

protegidas por ato administrativo do tombamento. Após serem tombadas, as edificações passam a ser fiscalizadas pelo órgão competente e qualquer intervenção nessas deve ser aprovada pelo mesmo.

Definem-se como edificações históricas aquelas que possuem valores intrínsecos e de significância cultural, podendo ser "valores arquitetônicos, estéticos, históricos, documentais, arqueológicos, econômicos, sociais e, até mesmo, políticos e espirituais ou simbólicos" (FEILDEN, 2003, p.1). Nesta tese a definição de edificações históricas corresponderá as que apresentarem significância cultural, podendo ou não ser tombadas, e considerando o conceito proposto pela Carta de Burra (CURY, 2004, p. 247): “a expressão significação cultural designará o valor estético, histórico, científico ou social de um bem para as gerações passadas, presentes ou futuras”.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013, p.10), *retrofit* é “remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos, normalmente visando valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil, eficiência operacional e energética.” De acordo com a IN – Nº 2 (BRASIL, 2014, p.01), no âmbito da certificação energética nacional em edifícios, “*retrofit* é qualquer reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação”. O conceito de *retrofit* energético adotado nesta tese refere-se a esse último citado.

Ao inserir essa temática no contexto de edificações históricas, é importante compreender de que forma o *retrofit* energético enquadra-se na discussão sobre intervenção no patrimônio arquitetônico, em especial, quanto à escolha de estratégias que busquem preservar ao máximo os atributos do patrimônio cultural da edificação. A expressão “atributos do patrimônio cultural” utilizada na tese é entendida como o conjunto de aspectos valorados que possam ser reconhecidos como de interesse de preservação. Portanto, não é escopo desta tese definir valores de interesses de preservação às edificações estudadas, mas apenas considerar aqueles que a elas já foram atribuídos.

Para o estabelecimento de estratégias de intervenção que visem à melhoria do desempenho térmico e energético, bem como à preservação de atributos de patrimônio cultural de edificação histórica, faz-se necessária uma compreensão holística, que inclui o conhecimento de princípios de preservação; aspectos históricos, construtivos, de estado de conservação e de desempenho da edificação investigada. Nesse contexto, é enfatizada a importância do diagnóstico térmico e energético, bem como o entendimento de todas as variáveis envolvidas no processo de projeto de *retrofit* energético de edificações históricas.

1.1. Motivação da tese

A complexidade da etapa inicial do projeto associada às dificuldades de tomada de decisão quanto à escolha de estratégias de intervenção compatíveis com o tipo de edificação, que atendam os princípios de preservação patrimonial, serviram de motivação para realização desta tese, abordada a seguir.

A necessidade de intervenção em edificações históricas, de adequação aos novos usos, de melhoria da eficiência energética e conforto ambiental, trazem à tona questões sobre o processo de projeto em caso de *retrofit* energético: como avaliar se as estratégias de *retrofit* energético são ou não adequadas e compatíveis com os valores patrimoniais? Quais critérios devem ser considerados nessa avaliação? Haveria uma forma de quantificar o impacto das estratégias de intervenção na conservação das edificações históricas? Até que ponto essa quantificação poderia auxiliar o projetista a escolher a melhor estratégia possível balanceando os aspectos patrimoniais a serem preservados com as ações de eficiência energética e conforto ambiental?

No processo de projeto de *retrofit* em edificações históricas, antes de avaliar as estratégias de intervenção é necessário fazer uma ampla caracterização e diagnóstico do edifício em análise. No entanto, mesmo na etapa de caracterização e simulação energética é possível identificar dificuldades que conferem complexidade ao processo de diagnóstico energético, como por exemplo, ausência de informações técnicas sobre os componentes construtivos e impossibilidade de retiradas de amostras para investigação das características dos materiais em determinados casos.

Outra problemática existente refere-se à etapa de avaliação das propostas de estratégias de *retrofit* energético. Nesse sentido, foi publicada a EN 16883 (2017) que apresenta um método qualitativo para escolha de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas procurando preservar os valores de significação cultural conciliando com a melhoria de desempenho energético e outros critérios de análise. Alguns autores propuseram um sistema de análise para os valores patrimoniais (ERICKSSON *et al.*, 2014; ATKINS, EMMANUEL, HERMANN, 2018) e métodos para quantificação do impacto dessas estratégias na conservação de edificações históricas (ROBERTI *et al.*, 2015, 2017; PIDERIT, AGURTO, MARÍN-RESTREPO, 2019). Os métodos visam, portanto, auxiliar no processo de projeto ao possibilitar a escolha de estratégias que visem a eficiência energética e o conforto ambiental, e que, ao mesmo tempo, respeitem ao máximo os valores históricos e culturais que devem ser preservados. Esse processo de balanceamento dessas principais variáveis, no entanto, é complexo e exige uma sistematização para sua efetivação. Nota-se a inexistência de trabalhos no Brasil que propõem um método de quantificação e avaliação multiobjetiva de estratégias de *retrofit* energético aplicadas às edificações históricas, sendo identificados trabalhos apenas em experiências internacionais recentes.

É necessário, portanto, a verificação das necessidades e os aspectos que devem ser avaliados, bem como definir os critérios de avaliação a partir de um método que vise balancear os atributos de preservação cultural, desempenho energético e conforto térmico adequando ao contexto edificado brasileiro. Além disso, é importante verificar a aplicabilidade do método proposto em edificações históricas no Brasil. Segundo Roberti *et al.* (2015, 2017), existem aspectos que podem ser aplicados a qualquer edificação histórica e outros que devem ser analisados caso a caso visando estabelecer as melhores soluções de acordo com as especificidades de cada edificação.

Atualmente, estão sob a tutela do Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional (IPHAN) mais de 45 mil bens imóveis tombados, inseridos em 97 núcleos históricos protegidos, sendo que o instituto registrou, até o ano de 2013, o tombamento de 910 edificações isoladas, equipamentos urbanos e de infraestrutura (IPHAN, 2014). Observa-se que o método proposto pode ser aplicado em edificações históricas independentemente de seu tombamento, o que pode ampliar ainda mais o escopo de edifícios que podem utilizar esse método.

Ressalta-se que, apesar da extensão do acervo arquitetônico brasileiro a ser preservado e de ser importante a adequação desses edifícios às necessidades atuais de uso, conforto ambiental e eficiência energética, existem poucos trabalhos que abordam a eficiência energética ou *retrofit* energético em edificações históricas no Brasil (ESTEVEZ, LOMARDO, 2009; APOLONIO *et al.*, 2010; KNOP, 2012; MACHADO, 2014; MENDONÇA, 2014; GUIMARÃES, 2017). No intuito de preservar esse rico patrimônio arquitetônico, ressalta-se a importância e a necessidade de desenvolvimento de estudos sobre esta temática em edificações históricas visando à melhoria do processo de *retrofit* energético. Ações e medidas de intervenção deste tipo quando implantadas, por sua vez, podem contribuir para a extensão da vida útil e requalificação desses edifícios.

A originalidade da tese está na concepção de um método para tomada de decisões projetuais de *retrofit* energético sob a perspectiva do impacto das estratégias de intervenção nos valores de significância cultural e da busca por melhoria no conforto térmico e eficiência energética da edificação, que considere a realidade brasileira, o seu clima e as características de suas edificações históricas. Foi considerada a perspectiva dos especialistas brasileiros na avaliação dos atributos do patrimônio cultural aplicados a caso de *retrofit* energético.

Destaca-se ainda que esta pesquisa se insere nas discussões contemporâneas sobre a eficiência energética e critérios de sustentabilidade aplicados ao processo de intervenção em edificações históricas visando a sua conservação a partir de soluções que melhorem o seu funcionamento e desempenho ambiental, sem que haja perda dos valores de significação cultural. Além disso, a pesquisa se enquadra na linha de pesquisa de “Sustentabilidade, qualidade e eficiência do ambiente

construído” do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (PPG FAU UnB).

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta tese é desenvolver um método para avaliar a aplicabilidade de estratégias de *retrofit* energético, considerando os princípios de preservação em edificações históricas, auxiliando e orientando a tomada de decisão do projetista. Tem-se como objetivos específicos:

- Relacionar os principais aspectos necessários para caracterização da edificação histórica, bem como identificar métodos e técnicas não destrutivas para o diagnóstico energético dessas edificações.
- Identificar as principais variáveis a serem consideradas para escolha das melhores estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas, bem como métodos para tomada de decisão.
- Estabelecer critérios para ponderar os valores de significância patrimonial e o impacto das estratégias de *retrofit* visando identificar as melhores estratégias com menor impacto e maior desempenho energético possível.
- Avaliar a aplicabilidade do método proposto por meio de estudos de caso em edificações históricas brasileiras analisando o impacto de diferentes tipos de estratégias de *retrofit* energético.

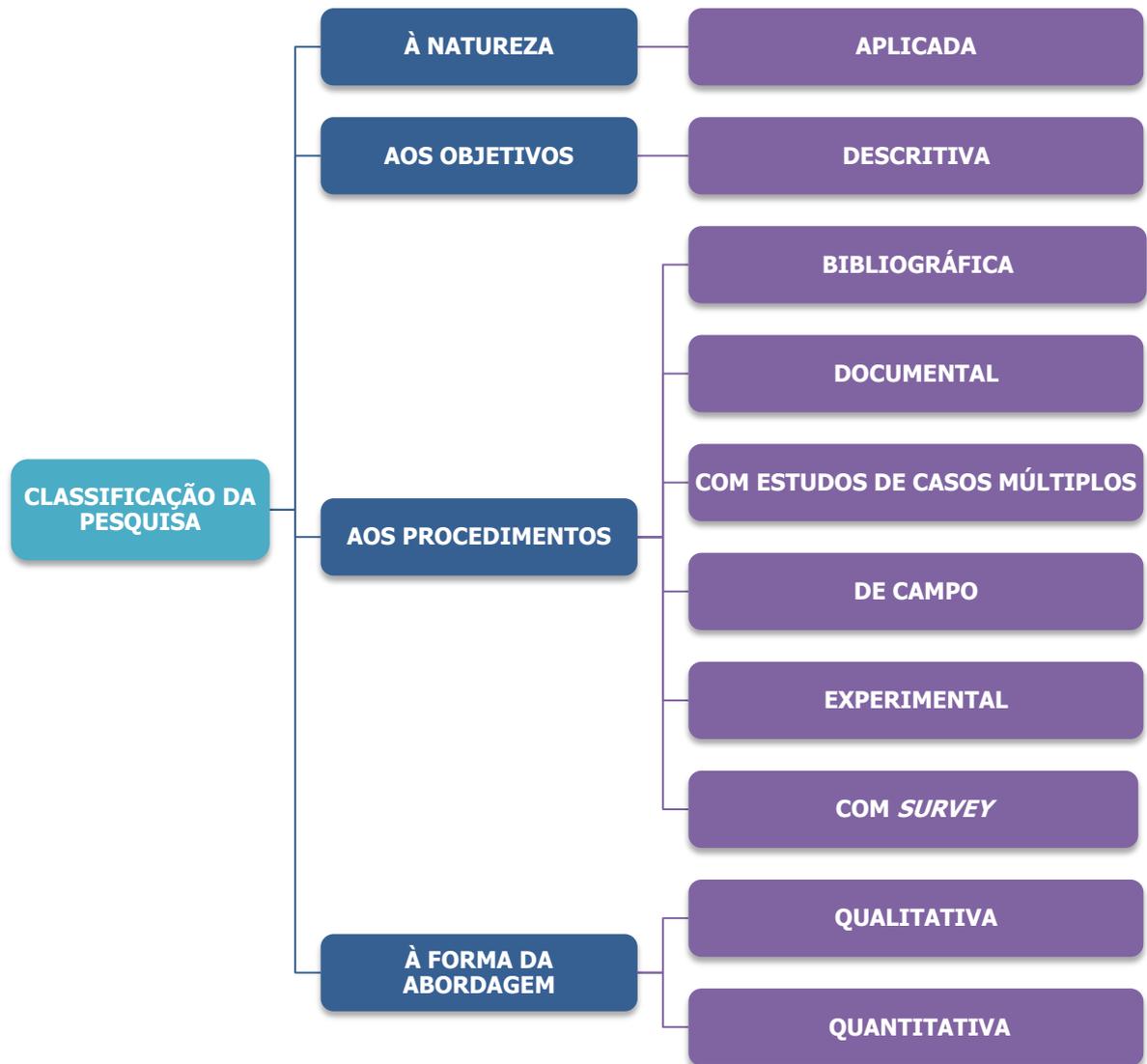
1.3. Hipótese

Com o método a ser apresentado será possível estabelecer o grau de impacto das estratégias de *retrofit* energético na preservação de atributos do patrimônio cultural, bem como possibilitar uma avaliação integrada das estratégias de intervenção em busca da otimização entre melhoria de conforto térmico, redução do consumo energético e máxima preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação histórica, de maneira a sistematizar o processo de escolha das melhores estratégias de *retrofit* energético durante a tomada de decisão em projeto de edificações históricas.

1.4. Procedimentos metodológicos da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se por ser empírica e se propõe a desenvolver um trabalho científico original. Segundo Silveira e Córdova (2009), a pesquisa poder ser classificada quanto à natureza, aos objetivos, aos procedimentos e à abordagem. Na Figura 1, está apresentada a classificação dos tipos de pesquisa de acordo com as características do estudo realizado.

Figura 1: Classificação do tipo de pesquisa desenvolvida na tese.



Fonte: A autora.

Quanto à natureza, esta pesquisa caracteriza-se por ser aplicada, já que tem como objetivo gerar conhecimentos para emprego na prática de projeto de *retrofit* energético em edificação histórica, dirigidos à solução de problemas específicos.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é descritiva, pois pretende desenvolver um método para avaliar a aplicabilidade de estratégias de *retrofit* energético em edificação históricas, após coleta de dados de estudos de casos e análise da relação entre variáveis estudadas, para determinação daquelas que apresentem otimização entre resultados de conforto térmico, desempenho energético e impacto na preservação de atributos do patrimônio cultural.

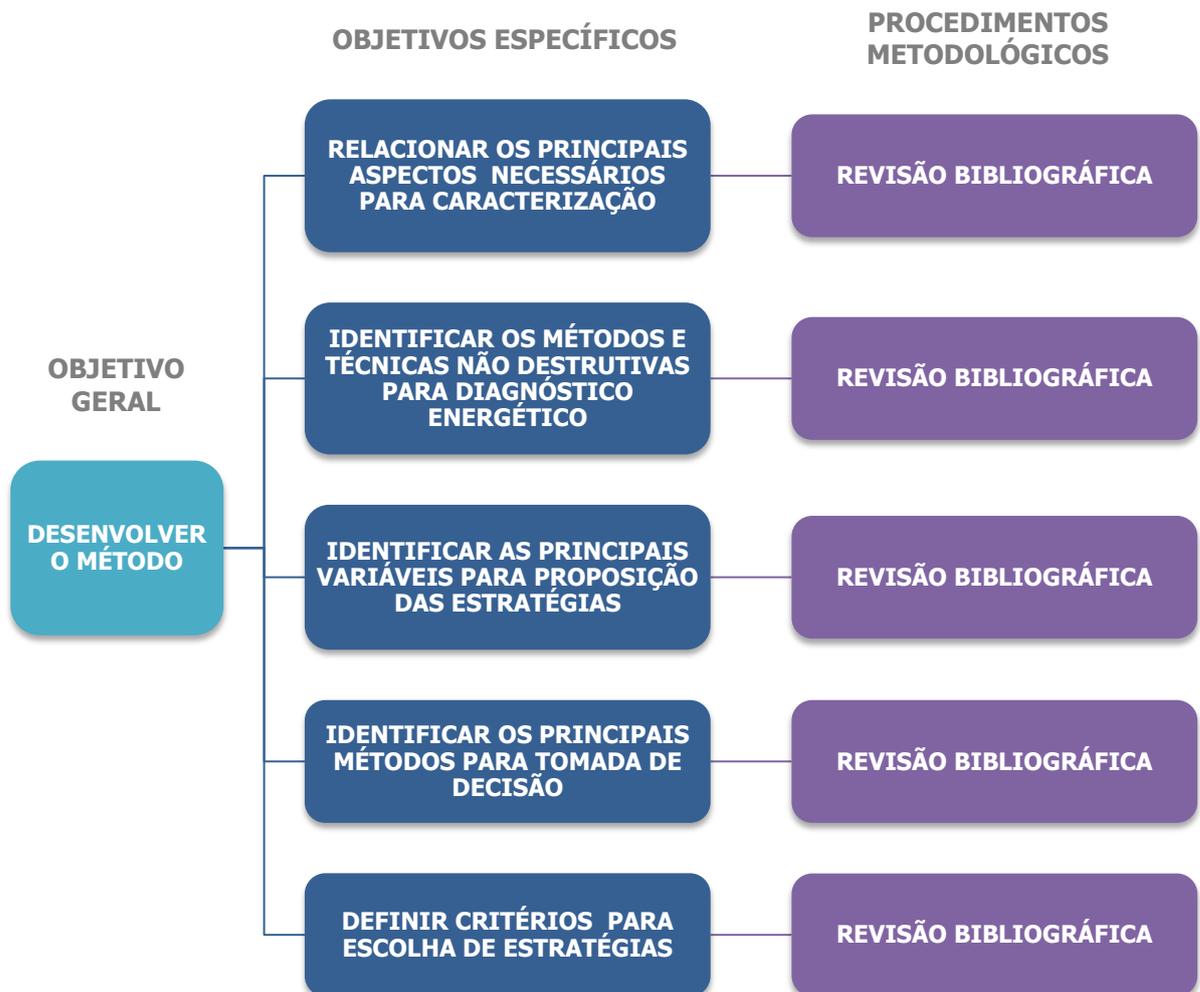
Quanto aos procedimentos metodológicos, a pesquisa caracteriza-se por ser:

- bibliográfica, uma vez que realiza a revisão da literatura nacional e internacional, em legislação, regulamentos técnico, artigos científicos e livros, para fundamentação teórica e metodológica da pesquisa;
- documental, pois se propõe a analisar o acervo documental das edificações históricas;
- com estudos de casos múltiplos, ao propor investigar e caracterizar quatro edificações históricas (duas de arquitetura do período colonial e duas modernas) visando avaliar a aplicabilidade o método proposto;
- de campo, por realizar observação e levantamento de dados de forma sistemática *in situ*;
- experimental, uma vez que se propõe a realizar medições *in situ* para obtenção de propriedades térmicas de componentes construtivos das paredes da envoltória, bem como a análise da influência de diferentes variáveis de estratégias de intervenção no desempenho térmico energético por simulação computacional; e
- com *survey*, já que inclui a consulta da opinião de especialistas na área de patrimônio arquitetônico sobre a importância dos componentes construtivos da arquitetura do período colonial e moderna; bem como sobre o grau de impacto das estratégias de retrofit energético propostas para cada edificação histórica estudada.

Por fim, quanto à forma de abordagem a pesquisa é tanto quantitativa (medições de propriedades térmicas, avaliação de desempenho energético por simulação computacional, obtenção da pontuação de preservação), como qualitativa (caracterização e descrição das edificações históricas, análise de atributos do patrimônio cultural a serem preservados, entre outros).

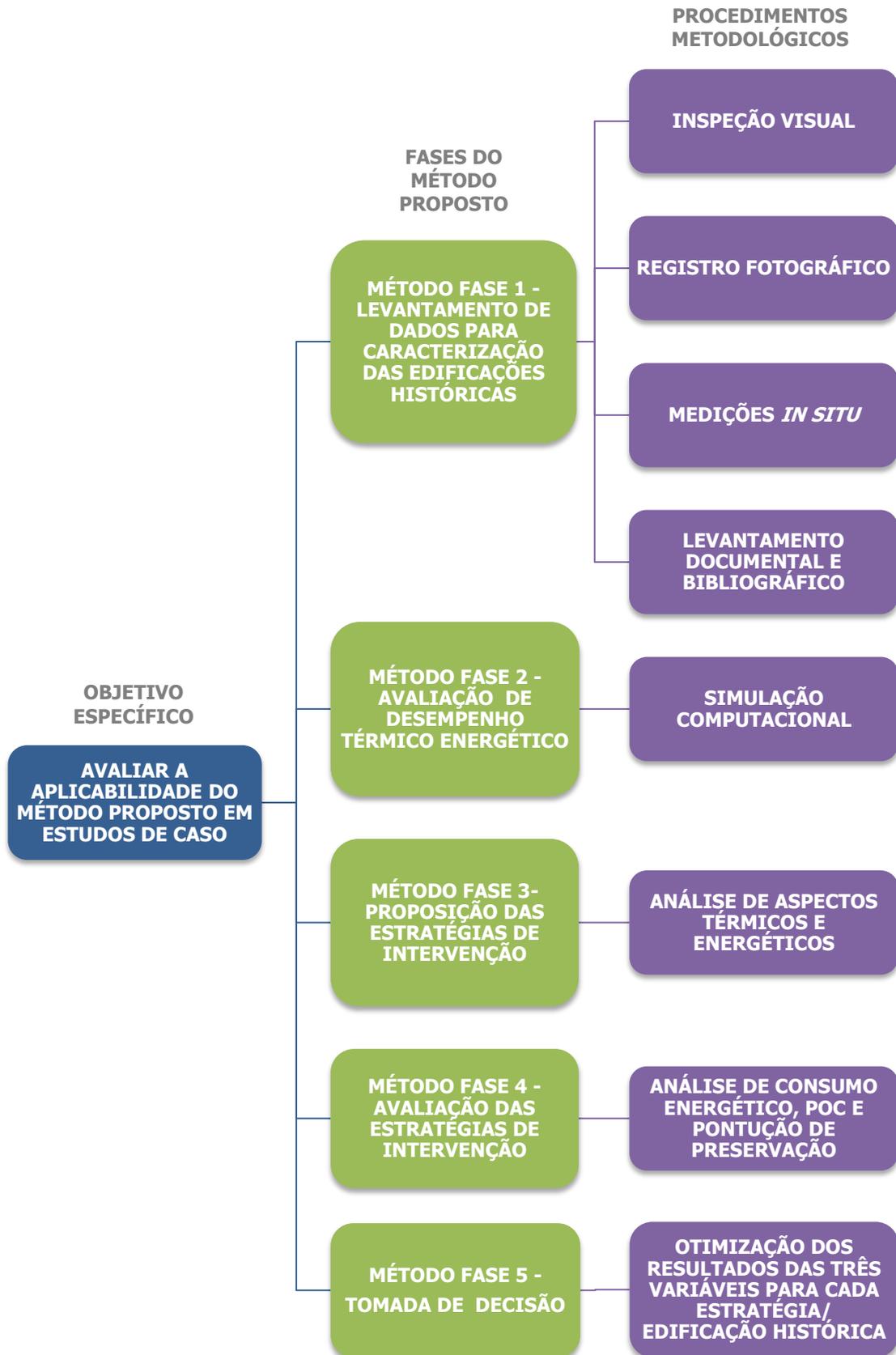
Para o atendimento aos objetivos da pesquisa, desenvolvimento do método proposto e avaliação do mesmo, foram realizados vários procedimentos metodológicos. Nas Figura 2 e Figura 3 estão apresentados de forma esquemática os procedimentos metodológicos de acordo com os objetivos específicos. No capítulo 4, estão descritos esses procedimentos.

Figura 2: Procedimentos metodológicos da pesquisa realizados para o desenvolvimento do método proposto.



Fonte: A autora.

Figura 3: Procedimentos metodológicos da pesquisa realizados para avaliação do método proposto.



Fonte: A autora.

1.5. Variáveis de análise da pesquisa

No método proposto para avaliação do impacto das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras foram consideradas três variáveis principais para análise:

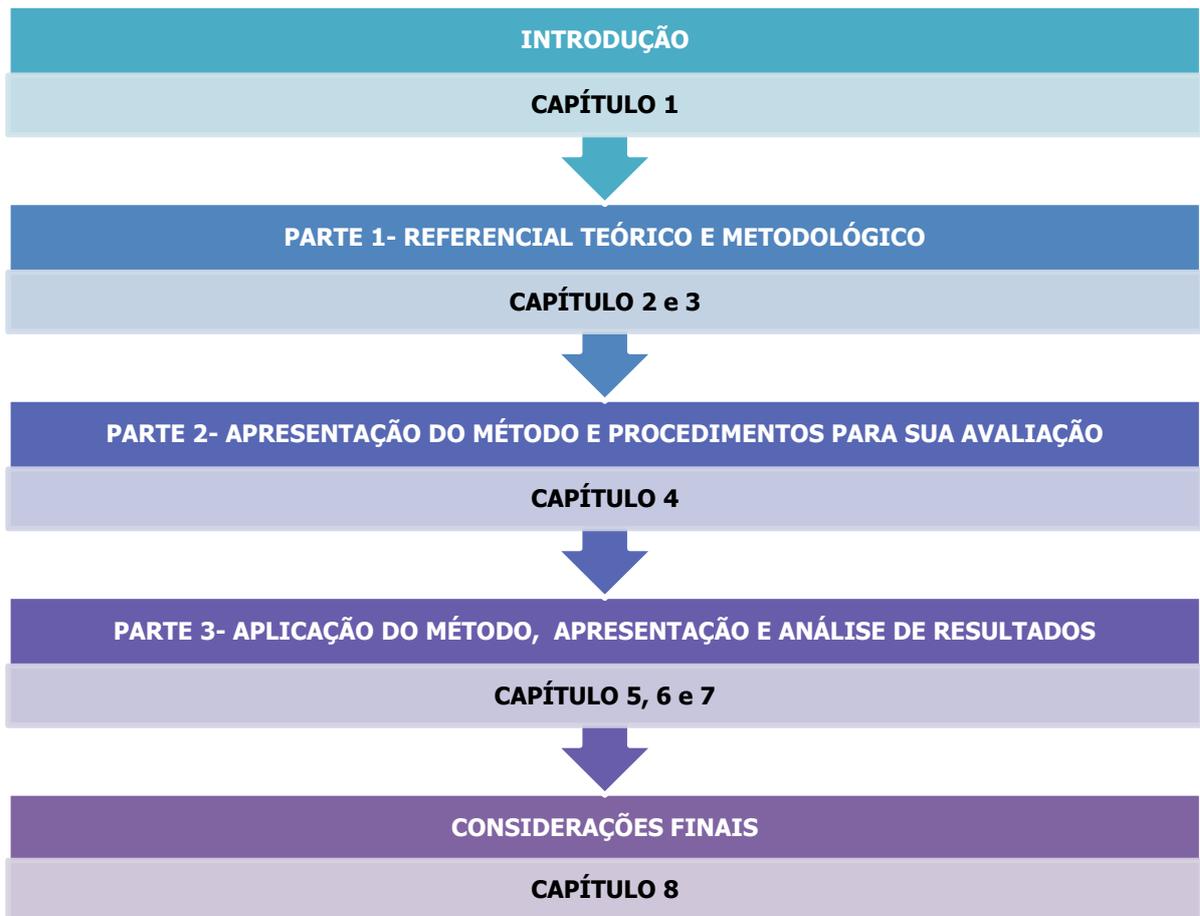
- Desempenho energético avaliado pela carga de aquecimento e/ou resfriamento ideal total anual, expressa em kWh/m² por ano;
- Conforto térmico avaliado pelo Percentual de Horas Ocupadas em Conforto - POC (%); e
- Preservação de atributos do patrimônio cultural avaliado pela Pontuação de Preservação Final (PP_F); conforme explicado no item 4.2.4.

Os objetivos a serem compensados para as variáveis foram: a redução do consumo energético do edifício; ampliação da quantidade de horas de ocupação em conforto térmico (Percentual de Horas Ocupadas em Conforto – POC); e ampliação da pontuação de preservação, ou seja, a escolha por *retrofits* com a máxima preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação.

1.6. Estrutura textual da tese

A estrutura textual da tese que está organizada em oito capítulos. O primeiro capítulo é a introdução; o oitavo capítulo apresenta as considerações finais; e os demais capítulos constituem-se o desenvolvimento textual da tese, que está sistematizado em três partes, conforme ilustrado na Figura 4. A primeira parte do desenvolvimento textual é composta pelo referencial teórico e metodológico (capítulos 2 e 3); a segunda parte pela apresentação do método e procedimentos para sua validação (capítulo 4); e a terceira parte pela aplicação do método, apresentação e análise de resultados (capítulos 5, 6 e 7).

Figura 4: Estrutura textual da tese composta por três partes principais de desenvolvimento textual.



Fonte: A autora.

Por fim, são descritos os títulos e conteúdos dos oitos capítulos que compõem a estrutura textual da tese, que são:

1. Introdução

Contém a contextualização do tema trabalhado na tese, a motivação da pesquisa, a hipótese de trabalho, os objetivos do estudo, os procedimentos metodológicos da pesquisa, as variáveis de análise da pesquisa, as contribuições possíveis da tese e, por fim, a estrutura dos elementos textuais que compõem o trabalho.

2. *Retrofit* energético em edificações históricas

Contextualização de experiências de projeto de retrofit energético em edificações históricas. O projeto de intervenção em edificações tombadas: restrições e exigências projetuais estabelecidas pelo IPHAN. Avaliação do impacto do retrofit energético com os critérios de preservação patrimonial. Métodos para análise comparativa de critérios qualitativos aplicados a projeto de intervenção em edificações históricas. O processo de

escolha de estratégias de *retrofit* energético a partir da relação entre desempenho energético, conforto térmico e preservação patrimonial.

3. Avaliação de desempenho energético em edificações históricas

Trata sobre os métodos e técnicas existentes para caracterização térmica da envoltória e energética da edificação, buscando identificar os menos invasivos e os mais adequados de serem utilizados em edificações históricas brasileiras. Além disso, é apresentada a legislação pertinente quanto à avaliação de desempenho energético em edificações existentes.

4. Apresentação do método proposto e procedimentos para sua avaliação

Detalha-se o método proposto para a avaliação das estratégias de *retrofit* energético quanto ao impacto dessas nos valores patrimoniais e quanto à melhoria do desempenho energético e conforto térmico. É apresentada a forma de avaliação do método proposto. São ainda apresentados os critérios de escolha das edificações históricas para aplicação do método proposto.

5. Caracterização dos estudos de caso de Goiás

Contém a descrição das edificações históricas da cidade de Goiás, bem como contextualização histórica e apresentação dos aspectos relevantes ao processo de tombamento dessas. Além disso, é apresentada a caracterização climática da cidade e são abordados aspectos relevantes do entorno imediato. Análise da envoltória, sistemas de ar condicionado e de iluminação visando o diagnóstico energético da situação atual das edificações em estudo.

6. Caracterização dos estudos de caso de Brasília

Mesmos tópicos contemplados no capítulo anterior, mas com a descrição e análise dos estudos de caso de Brasília.

7. Avaliação das estratégias de *retrofit* energético das edificações históricas e tomada de decisão

São descritas as estratégias de intervenção propostas para as edificações históricas do período colonial e modernas estudadas, bem como são abordadas as variáveis analisadas. A configuração e o processo de calibragem dos modelos da situação original de cada edificação histórica para a simulação computacional são tratados no capítulo. Em seguida, são apresentados e discutidos os resultados obtidos pela aplicação do método proposto. Por fim, é realizada uma avaliação integrada dos resultados obtidos de consumo

energético, POC e pontuação de preservação das estratégias de intervenção para cada edificação histórica estudada.

8. Considerações finais

São apresentadas as conclusões obtidas ao longo trabalho, bem como é abordada a verificação do alcance dos objetivos pré-estabelecidos da pesquisa. Ainda são abordadas questões ainda abertas à investigação e perspectivas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

PARTE I

REFERENCIAL TEÓRICO E
METODOLÓGICO



2. **RETROFIT ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS**

Nas últimas décadas, devido à crise energética, as edificações tornaram-se temática de várias políticas, tanto internacionais quanto nacionais, desenvolvidas e implantadas visando à melhoria do desempenho térmico, à redução do consumo e, em alguns casos, a produção de energia. As estratégias de eficiência energética passaram gradativamente a ser integradas na elaboração de projetos tanto de edificações novas, como de edificações existentes. Segundo Silva (2013, p. 24), “os critérios de sustentabilidade passaram a integrar a formulação dos programas de atividades contemporâneos e, conseqüentemente, no próprio desenvolvimento das atividades regulares da construção civil”.

O *retrofit* consiste justamente na renovação e adaptação de um edifício existente às novas funções e necessidades de seus usuários utilizando estratégias para minimizar o consumo energético e melhorar o conforto ambiental. Ressalta-se que, ao constituir-se em uma ação de adequação da edificação, em contraposição à demolição e à construção de uma nova edificação, o *retrofit* contribui também para a redução do consumo de novos recursos naturais. Vários aspectos de sustentabilidade, portanto, podem ser observados ao propor esse tipo de intervenção.

Dada a relevância da ação de *retrofit* energético dentro do contexto atual de crise energética e frente à preocupação com a sustentabilidade ambiental, nesse capítulo é apresentada uma investigação teórica e bibliográfica sobre a temática de projeto de *retrofit* energético em edificações históricas. Inicialmente é realizada uma contextualização do tema, apresentação dos princípios de preservação e tipos de intervenção no patrimônio arquitetônico, legislação de projeto pertinente ao tema, discussão e problemática do projeto de intervenção. Ao final, são apresentados métodos para escolhas de estratégias de *retrofit* energético que considerem a preservação de atributos de patrimônio cultural da edificação.

2.1. Estudos sobre *retrofit* energético em edificações históricas

Representando o consumo de aproximadamente 50% da energia produzida no planeta (IEA, 2017), nas últimas décadas, as edificações tornaram-se temática de várias políticas tanto internacionais quanto nacionais desenvolvidas e implantadas no âmbito de eficiência energética. Esse interesse de inserir critérios de sustentabilidade e eficiência energéticas em projeto de edificações é crescente como pode ser observado em publicações sobre a temática tanto em normas, como de artigos científicos em revistas internacionais. Inseridas nesse contexto, as edificações históricas possuem potencial para implantação de estratégias que visem a redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental, sendo necessária, para tanto, uma avaliação adequada da edificação ainda mais quando são aplicáveis princípios de preservação patrimonial.

Ao analisar as 86 publicações em revistas internacionais sobre eficiência energética em edifícios no período entre 1975 a 2014, Tort-Ausina, Martinez-Molina e Vivancos (2014) observaram que a maioria delas é referente a edifícios não históricos. No entanto, existe uma quantidade significativa de trabalhos sobre edificações históricas. Os autores observaram um aumento considerável das publicações sobre eficiência energética na última década e que esse maior interesse coincide com o momento após crise energética do final da década de 1970. A maioria dos trabalhos é da Europa e América do Norte, referentes a climas frios e temperados, e em menor quantidade em climas quentes. Destacam-se em quantitativo de publicações a Itália, o Reino Unido e a Suécia.

Apesar do crescente interesse no estudo de eficiência energética em edificações históricas, muitos regulamentos de eficiência energética ainda isentam tais edifícios de sua aplicação, mas como enfatizam Martínez-Molina *et al.* (2016): os “edifícios históricos não podem continuar a ser ignorados pelos padrões internacionais de eficiência energética”. Os autores destacam que apenas recentemente a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) publicou um projeto da sua nova norma "Diretrizes Energética para Edifícios Históricos"⁴. A inclusão das edificações históricas em algumas normas de eficiência energética é recente:

Tal posição é substancialmente confirmada na recente EU Diretiva 2010/31 / CE⁵ em que a possibilidade da reabilitação energética é estendida também aos edifícios que podem ser definidos como históricos, mas desde que a sua identidade histórica e qualidade não seja

⁴ ANSI/ASHRAE. Public Review Draft Energy Guideline for Historical Buildings. Atlanta, GA, USA; 2015.

⁵ EU Directive 2010/31 of the European Parliament and Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Off. J. Eur. Union. L153/13,18.06.2010.

comprometida por intervenções invasivas (artigo 4º, nº 2 decreto lei 4 junho 2013, n. 63)⁶. [...] Além dos regulamentos sobre o desempenho energético dos edifícios, na Itália edifícios históricos também são disciplinados e preservados pelos regulamentos sobre o patrimônio cultural e paisagístico⁷ que definem possíveis intervenções e metodologias para a sua conservação (MILONE *et al.*, 2015, tradução nossa).

O ‘*Green Building Council*’ (GBC, 2017) da Itália, em 2015, estabeleceu um protocolo de certificação voluntário para edificações históricas denominado ‘*GBC Historic Building*’, baseado em critérios de sustentabilidade da certificação ‘*Leadership in Energy and Environmental Design*’ (LEED) aliados aos princípios de intervenção na área de restauração. Essa certificação é aplicável a edificações construídas antes de 1945, ou seja, construções anteriores ao período industrial após a Segunda Guerra mundial em processo de intervenção. Além das categorias de avaliação de sustentabilidade do sítio; gestão de água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interna; inovação em *design*; e prioridade regional; foi incluída a área temática “Valor Histórico”. Nesta categoria aspectos como a reversibilidade da intervenção de conservação e compatibilidade de uso e construtiva são avaliados.

Esse processo de certificação de intervenções em edificações pré-industriais torna-se cada vez mais relevante diante da necessidade crescente de adaptá-las a novos usos com um melhor desempenho global (LUCCHI, BOARIN, ZUPPIROLI, 2016). O processo de certificação pode tanto orientar o projetista no processo de projeto, como “o processo transparente da certificação de terceiros poderia representar um meio valioso para orientar o setor de construção para uma transformação sustentável do mercado” (LUCCHI, BOARIN, ZUPPIROLI, 2016, p.256).

Essa busca por orientar o projetista em intervenções em edificações históricas também é observada em outros países, como por exemplo, Irlanda do Norte (NIEA, 2006), Estados Unidos (FREY, 2007), Portugal (SRU, 2010) e Inglaterra (CHANGEWORKS, 2008; ENGLISH HERITAGE, 2010), os quais possuem guias sobre a aplicação da certificação energética em edificações históricas.

⁶ DM 63/10/2013. Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010,sulla prestazione energetica nell’edilizia per la definizione delle procedured’infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale. (13G00107) (GU Serie Generale n.130 del 5-6-2013)[Ministerial decree 63/10/2013, guidelines for the acknowledgement of the EUdirective 2010/31].

⁷ Decree 42/2004 of the Italian Government. Code of Cultural Heritage and Land-scape, in accordance with Article 10 of the Law No. 137 of July 6, 2002. Off. J. n.45 of 24 February 2004.

Outras ações internacionais recentes podem ser observadas quanto à preocupação de melhoria de desempenho energético no âmbito da preservação do patrimônio cultural, tais como, a instalação do Comitê Científico Internacional sobre Energia e Sustentabilidade no Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (*International Council of Monuments and Sites – ICOMOS*⁸); e a publicação da EN 16883 (2017), que trata sobre “Diretrizes para melhorar o desempenho energético de edificações históricas”. Essa norma não abrange apenas de edificações tombadas e históricas. Outro exemplo é o desenvolvimento da “*Task SHC 59- Renovating historic buildings towards zero energy*”, tarefa colaborativa com o Anexo 76 do “*IEA-EBC Programme*”⁹. Nessa tarefa são estudadas formas de renovar às edificações históricas para se tornarem edificações com necessidades quase nulas de energia (*Nearly Zero Energy Buildings – NZEB*), podendo ser listados três objetivos a serem alcançados (IEA-SHC, 2019, n.p., tradução nossa):

- “desenvolver uma sólida base de conhecimentos, documentar e comunicar boas práticas na construção de *retrofit*;
- apoiar o processo de projeto interdisciplinar com a coleta e avaliação de diretrizes, procedimentos e ferramentas; e
- identificar e avaliar soluções técnicas replicáveis para um *retrofit* compatível com a conservação de edifícios históricos”.

Dentre as estratégias de intervenção que, concomitantemente, preservem os valores das edificações históricas e melhorem o desempenho energético, é investigada na “*Task SHC 59*” a integração de tecnologias de energia solar.

No Brasil, a partir de 2009, foram estabelecidas as primeiras normativas destinadas à certificação em eficiência energética de edificações novas e existentes, que ocorre mediante a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Os métodos e os requisitos técnicos para a etiquetagem são estabelecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010a), já as etapas e métodos de inspeção são estabelecidas pelos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público – RAC-C. (BRASIL, 2010b).

Inicialmente, estabelecida em caráter voluntário, a regulamentação de eficiência energética brasileira passou a ser obrigatória a partir de 2014, sendo que as edificações públicas são as primeiras a serem

⁸ O ICOMOS é uma associação civil não governamental, ligada associada à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural – Unesco*).

⁹ *International Energy Agency's Energy in Buildings and Communities Programme*. O Programa Energia em Edifícios e Sistemas Comunitários é um dos programas de colaboração tecnológica da Agência Internacional de Energia

exigidas quanta a obtenção da etiqueta A. De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf (BRASIL, 2012, p.78), “a busca da eficiência energética nas edificações públicas tem um papel fundamental como política pública tanto como efeito demonstrativo quanto como indutor do mercado.” A partir da análise do banco de dados federal do Sistema de Gestão dos Imóveis de Uso Especial da União (SPIUnet) referente ao ano de 2015, Gomes e Amorim (2016) quantificaram o número de edificações abrangidas pela Instrução Normativa (IN) – Nº 2 (BRASIL, 2014) que é de 5.503 edificações, as quais estão distribuídas em 923 municípios brasileiros e correspondem a uma área total construída de 218.980.875,00 m².

A exigência de obtenção da etiqueta A para edificações públicas federais, no entanto, é excetuada nos casos de *retrofit* que por questões de inviabilidade técnica ou econômica não seja possível atingir tal classe de eficiência, sendo vedado baixar a classe de eficiência:

Art.6º As obras de retrofit devem ser contratadas visando à obtenção da ENCE Parcial da Edificação Construída classe "A" para os sistemas individuais de iluminação e de condicionamento de ar, **ressalvados os casos de inviabilidade técnica** ou econômica, devidamente justificados, devendo-se, nesse caso, atingir a maior classe de eficiência possível.

Art. 7º No caso de obra de retrofit da envoltória é vedado baixar a classe de eficiência existente, recomendando-se obter a maior classe possível de eficiência, **observadas as restrições intransponíveis do projeto original como, por exemplo, o tombamento da edificação** (BRASIL, 2014, p.02, grifo nosso).

Segundo a IN – Nº 2 (BRASIL, 2014, p.01), no campo do uso da ENCE, as alterações no sistema de condicionamento de ar, iluminação e da envoltória compreendem estratégias de *retrofit* aplicadas às edificações. A intervenção em uma edificação do tipo *retrofit* pode reduzir até 30% do seu consumo energético, sendo que em edificações novas essa redução de consumo pode corresponder até 50%, caso a utilização de tecnologias energeticamente eficientes seja prevista ainda na etapa de projeto, quando comparada com um consumo energético de um edifício cujo projeto não prevê o uso de tais tecnologias (ROMÉRO, REIS, 2012).

No âmbito do patrimônio arquitetônico, o *retrofit* pode ser entendido como uma estratégia de conservação, uma vez que estimula o uso e apropriação dessas edificações, como mostram Martínez-Molina *et al.* (2016, p.83, tradução nossa):

Um retrofit energético adequado a edifícios do patrimônio, sem dúvida, não contribui apenas para a redução das emissões de carbono e consumo de energia, reforçando simultaneamente o desenvolvimento sustentável e melhoria do conforto térmico dos edifícios, mas também para a manutenção de legados culturais e históricos. [...] A melhor maneira de alcançar este

objetivo, adaptando estruturas históricas para o conforto moderno e as normas ambientais e de lá, mantendo-os em uso.

Quando se trata de edificações de valor histórico, não há um consenso quanto ao entendimento do projeto de *retrofit* na teoria de projeto enquanto ação de preservação do patrimônio. Por um lado, alguns teóricos atribuem a proposição de novos usos e adequações ao edifício histórico como uma estratégia de preservação, já outros entendem o *retrofit* como uma estratégia que descaracteriza o bem tombado. “Quando uma edificação é tombada, a princípio o que se pode realizar seria apenas uma restauração e não um *retrofit* ou uma renovação predial, pois a restauração consiste em manter a forma física original da edificação e muitas vezes um *retrofit* requer a instalação de novos dispositivos ou substituição de elementos e materiais” (ESTEVEES, LOMARDO, 2009, p. 5).

Partindo-se da compreensão de que é necessária a adaptação do bem tombado às necessidades atuais de seus usuários para mantê-lo em uso e, assim, manter sua vitalidade, pode-se considerar que a ação de *retrofit* em edificações históricas pode ser entendida como ação de conservação. As estratégias de melhoria da eficiência energética em edificações históricas podem ser simples e de baixo impacto na estrutura física, tais como, a troca de luminárias e lâmpadas, previsão de sistemas de iluminação com acionamento automático, entre outras estratégias que não se constituem em intervenções que descaracterizam o valor histórico desses edifícios. No entanto, quando essa proposta de *retrofit* propõe intervenções que possam comprometer a leitura espacial e das ambiências ou promover a perda dos valores como, por exemplo, os estéticos e históricos, a proposta de *retrofit* pode ser considerada como uma ação de descaracterização.

Milone *et al.* (2015) ressaltam que a escolha das tecnologias a serem utilizadas em *retrofit* de edificações históricas deve ser cuidadosamente avaliada. Os autores avaliaram estratégias de *retrofit* “não invasivas” e “invasoras” visando analisar o potencial de melhoria de desempenho térmico de uma edificação histórica do século XVIII na Itália. Foram definidos dois cenários de *retrofit* energético: “Melhor tecnologia permitida” de acordo com os requisitos e normas culturais de preservação do patrimônio e “Melhor tecnologia disponível” para a economia de energia. Concluíram que é possível propor soluções de *retrofit* com o uso de tecnologias modernas sem alterar o valor artístico e arquitetônico e melhorando o desempenho da envoltória da edificação histórica. No entanto, a “Melhor tecnologia permitida” apresentou uma economia de energia anual inferior e um custo de investimento superior à “Melhor tecnologia disponível”.

É possível propor intervenções que melhorem o desempenho energético em edificações históricas considerando estratégias compatíveis com os critérios de preservação histórica patrimonial. Esse processo, no entanto, é complexo e pode ter um custo elevado sendo necessária uma avaliação

minuciosa e uma compreensão holística da edificação investigada para obter-se um resultado satisfatório:

A atualização de edifícios históricos é notoriamente complexa e muitas vezes dispendiosa, especialmente quando restrições de conservação aplicáveis, e uma compreensão holística é necessária antes que os materiais modernos sejam aplicados a velhas estruturas para minimizar as consequências não intencionais e negativas. No entanto, com uma abordagem meticulosamente detalhada e uma boa compreensão, retrofit de sucesso é possível, e os exemplos de boas práticas e de pesquisa podem ser encontrados em toda a Europa (HEATH, 2014, p. 100, tradução nossa).

As ações de *retrofit* em edifícios tradicionais e históricos costumam ter custos elevados devido à adição de complexidade, especialistas em materiais, consultores e instaladores especializados para edificações históricas, sendo necessário investir na inovação e na identificação de técnicas adequadas aos edifícios tradicionais e históricos para serem incorporados ao mercado a custos mais acessíveis (HEATH, 2014). Por se tratar de edificações patrimoniais, abordagens específicas devem ser pensadas para cada caso de acordo com as características edilícias, uma vez que certos critérios e determinadas ações nem sempre são aplicáveis à totalidade dos casos (GIANCOLA, HERAS, 2014, p. 80).

Heath (2014) aponta que, em muitos casos, os problemas gerados por ações de *retrofit* ocorrem devido à inexistência de um estudo e avaliação adequados ao edifício tradicional. Podem ser citadas algumas falhas comuns em edifícios tradicionais originados por ações de *retrofit* energético, tais como, a condensação e o alto teor de umidade nos materiais (HEATH, 2014).

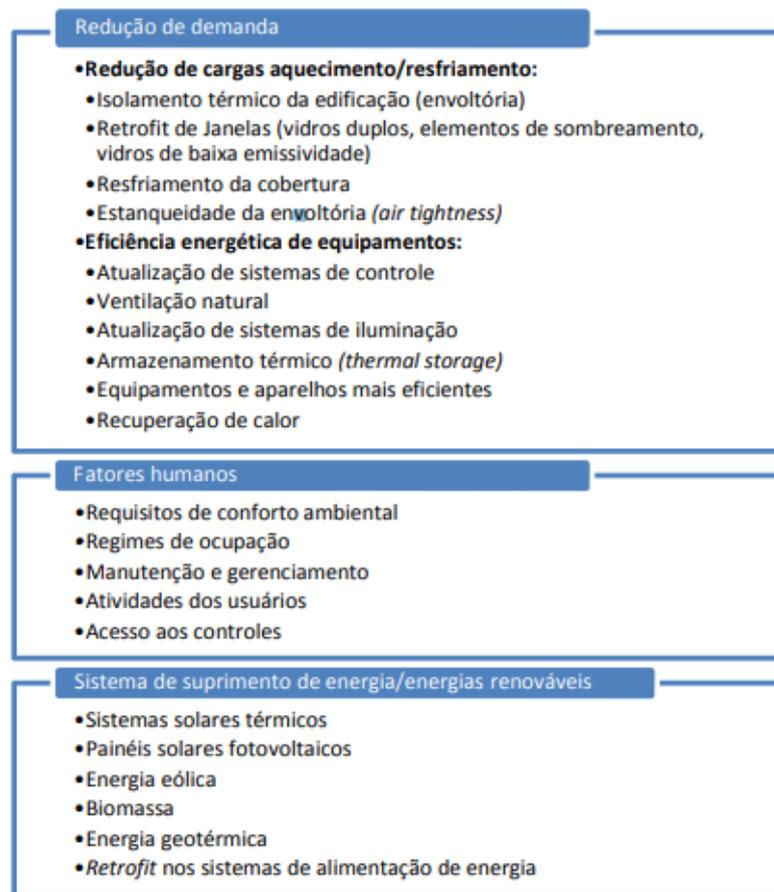
Karoglou *et al.* (2015) caracterizaram as paredes de uma edificação histórica do século XIX na Grécia a partir de técnicas não-destrutivas *in situ*, e destrutivas, com análises de amostras em laboratório. Foi observada a partir de técnicas não destrutivas a incompatibilidade entre os materiais arquitetônicos originais e os da restauração realizada em 1986. Pela análise de ultrassom foi possível observar que os materiais de restauração apresentavam mais lacunas e descontinuidades do que os materiais originais, estando estes últimos em melhor estado de conservação. Foram observadas, ainda, na interface entre os materiais originais e de restauro, fissuras relativas a diferentes características microestruturais e comportamento físico-mecânicos dos materiais. O diferente comportamento higrotérmico e mecânico dos materiais é “fator importante que determina a forma como eles são afetados por fatores de degradação ambiental” (KAROGLOU *et al.* 2015).

Observa-se, portanto, a importância da compatibilização tecnológica entre o material histórico e o de intervenção para a proposição de estratégias de intervenção em edificações históricas. O estudo das características e propriedades dos materiais existentes, bem como das tecnologias possíveis de serem adotadas na intervenção em edificações históricas, é necessário na busca de estratégias de intervenções

que sejam compatíveis tanto aos aspectos tecnológicos do material, como aos demais princípios de preservação histórica patrimonial.

Apesar de não haver uma regulamentação sobre quais estratégias de intervenção são passíveis de serem aplicadas ao contexto de edificações históricas, alguns estudos abordam sobre eficiência e tentam estabelecer diretrizes para o *retrofit* energético em edificações brasileiras (ESTEVES, LOMARDO, 2009; APOLONIO *et al.*, 2010; KNOP, 2012; MACHADO, 2014; MENDONÇA, 2014; GUIMARÃES, 2017). Mendonça (2014), por exemplo, apresenta propostas de *retrofit* energético em edificações já construídas, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Estratégias de *retrofit energético* em edificações



Fonte: Mendonça (2014).

Apolônio *et al.* (2010) propuseram estratégias de *retrofit* para edificações históricas relativas ao conforto térmico e lumínico. Uma das estratégias de conforto térmico proposta foi o plantio de árvores próximas à edificação, pois a vegetação ajuda a diminuir a temperatura do edifício, absorve a energia e beneficia conservação do ciclo do ar. Com relação ao conforto lumínico, para melhor aproveitamento

da luz natural e um sistema de iluminação mais eficiente, foram propostas a instalação de luminárias próximas às janelas que sejam acionadas quando a iluminação solar for insuficiente.

Knop (2012) avaliou o desempenho energético de uma edificação histórica brasileira do século XIX a partir da simulação de 64 cenários utilizando o programa *DesignBuilder* com o intuito de identificar possíveis estratégias de intervenção que melhorassem os seus níveis de conforto e eficiência energética. O modelo adaptativo de De Dear e Brager para a ASHRAE – 55 (2013) foi considerado para avaliação de desempenho térmico e o método de simulação de edificação totalmente ventilada do RTQ-C (BRASIL, 2010a) foi considerado para a análise da eficiência energética (por graus-hora). A edificação original, construída em alvenaria portante de tijolos maciços, apresentou conforto térmico em 69,5% das horas ocupadas e classificação de eficiência energética de nível C, sendo que esse nível passou para B apenas com a simulação de estratégias de melhoria no sistema de iluminação. Observou-se estratégia com desempenho inferior e superior em relação à edificação original, sendo a melhor estratégia a de uso de cobertura clara isolada e paredes originais apresentando 79,43% das horas ocupadas em conforto térmico e classificação nível A de eficiência energética.

Machado (2014), em seu estudo, sugere soluções de *retrofit* em edificações históricas para a cobertura, instalações e esquadrias. Em relação à cobertura, foi proposta a aplicação de telhas sanduíches de EPS ou de alumínio com rolisol, mais mantas asfálticas com revestimentos de alumínio, essa aplicação visando à diminuição da transmitância térmica. Quanto à climatização da edificação, foi sugerida a substituição do sistema de ar condicionado tipo *split* pelo ar condicionado central. Quanto ao sistema de iluminação, foi proposta a troca das lâmpadas e reatores por modelos mais eficientes.

Por fim, Guimarães (2017) investiga em seu estudo estratégias de intervenção da envoltória tombada aplicadas ao terminal de passageiros do Aeroporto de Santos Dummont, no Rio de Janeiro, com foco na eficiência energética. Foram feitas simulações computacionais utilizando o programa *DesignBuilder*, para avaliação das estratégias com melhor desempenho energético. Antes da realização da simulação, foi realizada uma seleção das estratégias que atendessem a vários princípios de preservação e conservação de energia, que foram: mínima intervenção; distinguibilidade da intervenção; reversibilidade; adequação as medidas declaradas pelos órgãos de proteção; pertinência com o desempenho térmico; pertinência à estratégia de intervenção a ser adotada; aproveitamento da iluminação natural; baixa absorvância solar; estanqueidade, resistência e durabilidade; simplicidade de limpeza e manutenção. Para classificação das estratégias, a autora julgou as estratégias avaliando cada item como “atendido”, correspondendo a 1 ponto, “não atendido”, correspondendo a 0 pontos, ou “não se aplica”, 0 pontos. As estratégias que obtivessem maior pontuação a partir do somatório do julgamento de todos os itens foram selecionadas para simulação computacional.

2.2. Preservação e intervenção em edificações históricas

As discussões teóricas sobre preservação e intervenção do patrimônio cultural edificado iniciadas no século XIX deram origem a um arcabouço teórico e instrumental hoje em uso, porém muitos temas ainda são objeto de discussão, novas análises e proposições, o que indica um campo em constante atualização. Intervir e preservar os valores de significação cultural simultaneamente, constitui-se um desafio no cotidiano dos agentes que trabalham com intervenções no patrimônio edificado. É importante ressaltar que os interesses e os critérios relativos à preservação de artefatos não são permanentes e abrangentes ao longo da história, como mostra Lemos (2006, p. 21):

O patrimônio cultural de uma sociedade ou de uma região ou de uma nação é bastante diversificado, sofrendo permanentemente alterações, e nunca houve ao longo de toda a história da humanidade critérios e interesses permanentes e abrangentes voltados à preservação de artefatos do povo, selecionados por qualquer ótica que fosse.

As intervenções realizadas até o século XVIII não podem ser denominadas “restauração”¹⁰, considerando a significação atual que o termo possui, pois, conforme apresentado por Cunha (2010, p.23), “eram atos excepcionais, esporádicos, que não faziam parte do tratamento dessas questões dentro de um âmbito de políticas públicas culturais mais abrangentes que o problema passa a assumir a partir da segunda metade do século XVIII.” A preservação ou mesmo a consciência de conservação não eram ainda oriundas de um distanciamento histórico ou da consciência de que tais bens seriam portadores de valores artísticos ou históricos.

Da Antiguidade até a Idade Média, a preservação de edificações buscava medidas de manutenção e em favor de sua perenidade, e se dava em atendimento a questões de caráter eminentemente pragmático. Com a Renascença, gradativamente as construções do passado passam a ser mais apreciadas por suas qualidades artísticas e históricas, surgindo a noção de monumento histórico, conforme definido posteriormente por Alois Riegl no início do século XX; ou seja, diferentemente daqueles monumentos intencionalmente constituídos para evocar uma lembrança, a produção de um dado momento histórico passa a adquirir significação cultural¹¹, seja por seus valores históricos, simbólicos ou artísticos, tenha ela sido produzida ou não com intenção memorial (CUNHA, 2010, p.22).

¹⁰ Este é um conceito do século XIX. Um dos primeiros a defini-lo foi Viollet-le-Duc.

¹¹ O termo “significação cultural” aparece pela primeira vez na Carta de Veneza de 1964, em seu primeiro parágrafo. Depois disto, volta a ser tratado na primeira edição da Carta de Burra ainda na década de 1980.

Assim, a preocupação com a preservação do patrimônio cultural surgiu de uma mudança gradativa da visão e da relação com os artefatos arquitetônicos históricos, sendo uma questão recente, que se inicia na segunda metade do século XIX, conforme apresentado por Lemos (2006, p. 22):

Essa questão de memória social, tão dependente da preservação sistemática de segmentos do patrimônio Cultural, tem sido tratada com seriedade somente agora nos tempos recentes, a partir dos primeiros movimentos europeus da segunda metade do século XIX. Antes, só manifestações isoladas de estudiosos e colecionadores que, aos poucos, foram envolvendo e interessando comunidades e os seus próprios governos levando-os a, oficialmente, promover a preservação dos chamados Patrimônio Históricos e Artísticos, assunto básico destas linhas.

Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879), John Ruskin (1819-1900), e Camillo Boito (1836-1914) foram alguns teóricos percussores das discussões sobre preservação no século XIX e apresentavam posicionamentos diferentes com relação à intervenção em edificações históricas. Em meados do século XX, Cesari Brandi (1906-1988) surge com outra definição do conceito de restauração.

Para Viollet-le-Duc, em seu livro “Restauração”, “restaurar um edifício não é mantê-lo, repará-lo ou refazê-lo, é restabelecê-lo em um estado completo que pode não ter existido nunca em um dado momento” (VIOLLET-LE-DUC, 2000, p. 29), sendo esta a primeira definição do moderno conceito de restauração. Viollet-le-Duc partiu do entendimento dos edifícios enquanto sistemas construtivos, contribuindo para avanços na modernização e da conservação dos edifícios. Ele ressalta a importância de destinar uma função ao edifício antigo, bem como propor adequações no edifício para atender ao novo programa, ação para uma conservação do edifício. “Uma vez que todos os edifícios nos quais se empreende uma restauração têm uma destinação, são designados para uma função, não se pode negligenciar esse lado prático para se encerrar totalmente no papel de restaurador de antigas disposições fora de uso” (VIOLLET-LE-DUC, 2000, p. 64). “Ademais, o melhor meio para conservar um edifício é encontrar para ele uma destinação, é satisfazer tão bem todas as necessidades que exige essa destinação, que não haja modo de fazer modificações” (VIOLLET-LE-DUC, 2000, p. 65).

Ruskin, em seu livro “A lâmpada da Memória”, posiciona-se radicalmente contra qualquer intervenção em restauro, considerando-a como falseamento e defendendo a verdade arquitetônica. Segundo Ruskin (2008, p. 79), a restauração “significa a mais total destruição que um edifício pode sofrer: uma destruição da qual não se salva nenhum vestígio: uma destruição acompanhada pela falsa descrição da coisa destruída.” “A assim chamada Restauração é a pior forma de destruição” (RUSKIN, 2008, p. 79, Aforismo 31). Um dos pontos a se destacar na teoria do autor é a problematização sobre o falseamento da restauração.

Camillo Boito se posiciona de forma crítica às propostas de Viollet-Le-Duc e Ruskin em relação à arquitetura. Boito afirma a importância de ações de conservação no bem para evitar a restauração, mas

quando a restauração for necessária deve seguir princípios, tais como, de intervenção mínima e que as obras sejam distintas do original expressando o seu tempo (distinguibilidade), princípios esses que permanecem atuais (KÜHL, 2008, p.25).

No século XX, Cesare Brandi apresenta a segunda definição acabada do conceito de restauração, buscando “[...] afastar a restauração do empirismo e da arbitrariedade e vinculá-la ao pensamento crítico e científico” (KÜHL, 2007, p. 209-210):

O restauro é fundamentado na análise da obra, de seus aspectos físicos, de suas características formais e de seu transformar no decorrer do tempo, para, pelo ato crítico, contemporizar as instâncias estética e histórica, e intervir, respeitando seus elementos caracterizadores, com o intuito de valorizá-la e transmiti-la ao futuro. É ato crítico que, alicerçado no reconhecimento da obra de arte e de seu transformar ao longo do tempo, insere-se no tempo presente. Jamais deveria se colocar em qualquer uma das fases por que passou a obra (muito menos no momento de sua criação) e nunca deveria propor a imitação. [...] Deve-se atuar com uma unidade conceitual e metodológica – baseadas em princípios tão bem e consistentemente enunciados por Brandi e os quais fundamentam correntes do restauro na atualidade: distinguibilidade, retrabalhabilidade, mínima intervenção, compatibilidade técnica -, voltados para uma responsável transmissão do bem, da melhor maneira possível, para as próximas gerações (KÜHL, 2007, p. 209-210).

Apesar dos praticamente cem anos que se passaram entre a primeira definição do conceito de restauro (Viollet-Le-Duc) e a segunda (Cesare Brandi), as discussões sobre preservação propostas por Ruskin, Viollet-Le-Duc, Boito e Cesare Brandi repercutiram e foram ampliadas no século XX, mesmo sem novas definições para o termo restauração, como destacado por Cunha (2010, p. 24):

[...] Nesse ínterim profundas modificações se verificam no campo prático e igualmente na metodologia de intervenção em arquiteturas do passado. Tais modificações continuam a se processar, porém, não se assistiu a nenhuma nova definição, antes, o que se percebe é uma tendência à reelaboração, que se dá a partir das definições pré-existentes.

As modificações que se verificam no campo prático citadas por Cunha (2010) se baseiam, além das discussões teóricas, nas cartas patrimoniais, que conforme apresentado por Kühl (2010, p. 289) “são fruto da discussão de um determinado momento. Antes de tudo, não têm a pretensão de ser um sistema teórico desenvolvido de maneira extensa e com absoluto rigor, nem de expor toda a fundamentação teórica do período.” Elas são documentos de caráter indicativo, ou no máximo prescritivo que sistematizam os pontos dos quais foi possível obter consenso, apresentando indicações gerais, apesar de não possuírem caráter normativo, podem ter papel importantíssimo na construção normativa relacionada à preservação dos bens culturais dos vários países, já que suas indicações devem ser reinterpretadas para as realidades locais, considerando as diversas realidades culturais de cada país (Kühl, 2010, p. 289).

O estudo das cartas possibilita o entendimento de como o conceito de bem patrimonial foi ampliado no decorrer da história, além do entendimento dos princípios gerais de intervenção por elas apresentados. Inicialmente, o conceito de bem patrimonial estava relacionado com a de monumento e de entorno, depois se estendeu para o conjunto arquitetônico e urbanístico, paisagem natural, ampliando, assim, o conceito de bem a ser preservado. Todas essas categorias de bens foram denominadas como patrimônio material, e, por fim, foi incluído o conceito de patrimônio imaterial, relativo aos bens intangíveis de expressões culturais de um povo, tais como, ritos religiosos, festas populares, produção de artesanato, entre outros. Tais conceitos podem ser observados nas cartas relativas à proteção do patrimônio cultural, tais como, a Carta de Atenas (1931), a Carta de Veneza (1964), a Carta de Restauro (1972), a Carta de Burra (1980) e a Carta de Brasília (1995).

A Carta de Atenas (CURY, 2004) apresenta doutrinas e princípios gerais para salvaguarda de monumentos. Segundo ela, deve-se priorizar a conservação, as ações de manutenção visando sua preservação, em vez da reconstituição integral, a qual deve ser realizada em casos estritamente necessários em face da sua deterioração ou destruição do monumento. A restauração deve preservar “a obra histórica e artística do passado, sem prejudicar o estilo de nenhuma época” (CURY, 2004, p. 13). É apresentada ainda a necessidade de avaliar a situação de cada caso e atentar-se para as manifestações patológicas antes das ações de intervenção. Nessa carta são expostas ainda recomendações quanto à relação dos monumentos com seu entorno imediato, por exemplo, as novas construções, em especial as vizinhas aos monumentos, deveriam respeitar “o caráter e a fisionomia das cidades”; a preservação de aspectos paisagísticos para manutenção de “caráter antigo”; e a retirada de elementos que prejudiquem a visibilidade dos monumentos (publicidade, poste, fios, etc.) presentes na vizinhança (CURY, 2004, p. 14). Quanto à reconstrução, é possibilitada em caso de ruínas, sendo necessária a distinguibilidade dos materiais novos em relação aos originais: “quando se trata de ruínas, uma conservação escrupulosa se impõe, com a recolocação em seus lugares de elementos originais encontrados (“anastilose”), cada vez que o caso permita; os materiais novos necessários a este trabalho deverão ser sempre reconhecíveis” (CURY, 2004, p. 16). Conforme apresentado por Beatriz Kuhl (2010), as recomendações de Atenas tiveram grande repercussão internacional e forneceram as bases para o documento de Veneza.

A Carta de Veneza apresenta propostas pautadas na visão conhecida como “restauro crítico”, sendo uma releitura das propostas do “restauro filológico”, consolidadas nas cartas dos anos 1930. O restauro filológico, era marcado pelo enfoque nos aspectos documentais das obras e às marcas de sua passagem ao longo do tempo, respeitando as várias fases. Como descrito por Kuhl (2010):

O intuito não era, de modo algum, voltar a um suposto estado original. Se houvesse necessidade de inserir novos elementos, deveriam ser diferenciados da obra como

estratificada, para não induzir o observador ao engano de confundir a intervenção com a obra (em alguma de suas etapas). Daí a denominação “restauro filológico”, pois a ação pode assemelhar-se a edições críticas de textos, em que, ao tratarem-se as lacunas do documento, quaisquer interpolações e interpretações são feitas através de elementos diferenciados: tipo e cor da letra, notas à margem do escrito. (KUHL, 2010, p. 294).

Para Kuhl (2010, p. 294), a Carta de Veneza é caracterizada como restauro crítico pelo fato de o restauro ser entendido essencialmente como ato crítico “que perscruta a obra do ponto de vista formal, documental e material, respeitando suas várias fases e as marcas que a passagem do tempo depositou sobre a obra”. Desta forma, segundo a autora, na visão do restauro crítico, trabalha-se de forma consciente, elucidando que qualquer ação é sempre ato do presente, não propondo uma reversibilidade do tempo, ou intervindo na realidade figurativa do bem.

A Carta de Veneza (CURY, 2004) faz referência em seu artigo 5º à importância de adequação do monumento a uma função útil de acordo com as modificações exigidas pelas mudanças dos usos e costumes desde que essas alterações não desfigurem a disposição ou decoração do edifício. Outro aspecto a ser respeitado de acordo com o artigo 6º da Carta de Veneza é a preservação da ambiência em escala. “A conservação de um monumento implica a preservação de uma ambiência em escala. Enquanto sua ambiência subsistir, será conservada, e toda construção nova, toda destruição e toda modificação que possam alterar as relações de volumes e de cores serão proibidas” (CURY, 2004, p. 93).

Podem ser resumidos cinco princípios os quais são consagrados pela Carta de Veneza: distinguibilidade; mínima intervenção; reversibilidade; retrabalhabilidade; e compatibilidade de técnicas e materiais; cujas definições são apresentadas a seguir (SILVA, 2013, p.16-17):

- Distinguibilidade: evidenciar e documentar as diversas épocas da ‘vida’ monumento, deixando claro ao observador as diferenças de intervenção em cada período;
- Mínima intervenção: as restaurações devem primar pela consolidação de estruturas históricas, sem desconfigurá-las;
- Reversibilidade: compreendendo-se a necessidade de modernizar as edificações, deve-se levar em conta a possibilidade de voltar-se ao estado anterior da obra, antes da restauração;
- Retrabalhabilidade: facilitar os trabalhos futuros tendo em vista o próprio princípio de reversibilidade; e

- Compatibilidade de técnicas e materiais: a evolução das técnicas e materiais modernos deve contribuir para a preservação do bem imóvel, cuidando sempre do bom funcionamento do sistema com seus materiais originais e contemporâneos.

Nota-se, portanto, que o próprio princípio de distinguibilidade prevê que o edifício possa passar por diversas intervenções, sendo necessário estabelecer a diferenciação de cada época, negando a falsificação. No entanto, essas intervenções devem seguir princípios, tais como, o da mínima intervenção, compatibilidade e reversibilidade, visando à preservação das características que apresentem significância cultural.

Considerando o fato de a Carta de Veneza ser centrada em monumentos e sítios históricos, e a expansão do conceito de bem cultural, já apresentado de forma abrangente pela Carta de Veneza e ampliado ainda mais desde então, tem-se ao longo dos anos, produzido documentos integrativos e de aprofundamento, reinterpretando os princípios por ela já apresentados, adaptando para um contexto mais amplo, e tratando de temas não contemplados diretamente por ela (KUHL, 2010).

Segundo a Carta de Burra (CURY, 2004, p. 247), “a expressão significação cultural designará o valor estético, histórico, científico ou social de um bem para as gerações passadas, presentes ou futuras”. Ainda segundo esta carta, a conservação constitui-se justamente nos “cuidados a serem dispensados a um bem para preservar-lhe as características que apresentem significação cultural”. Nesse sentido, podem ser estabelecidas diferentes ações de conservação do bem, de acordo com sua circunstância, que são: preservação; restauração; manutenção; realização de obras mínimas de reconstrução ou adaptação para atender às necessidades práticas. Ainda segundo a Carta de Burra (CURY, 2004, p. 248), são apresentadas as diferenças conceituais entre esses termos:

- Manutenção: proteção contínua da substância¹², do conteúdo e do entorno de um bem e não deve ser confundido com reparação, que, por sua vez, implica em restauração ou reconstrução;
- Preservação: manutenção no estado da substância de um bem e a desaceleração do processo pelo qual ele se degrada;
- Restauração: restabelecimento da substância de um bem a um estado anterior conhecido;
- Reconstrução: restabelecimento, com o máximo de exatidão, de um estado anterior conhecido com a introdução de materiais diferentes (novos ou antigos) na substância;

¹² “Substância será o conjunto de materiais que fisicamente constituem o bem” – Carta de Burra (CURY, 2004, p. 247).

- Adaptação: agenciamento de um bem a uma nova destinação, sem a destruição de sua significação cultural;
- Uso compatível: utilização que não implique mudança na significação cultural da substância, modificações que sejam substancialmente reversíveis ou que requeiram um impacto mínimo.

Apesar do conceito de restauro da Carta de Burra ser mais recente, não é o mais aceito pelos profissionais da área no Brasil, sendo o conceito de restauro da Carta de Veneza de 1964 ainda o mais usual, como abordado a seguir. O restauro na Carta de Veneza (CURY, 2004, p. 93) é considerado como uma ação que visa “conservar e revelar os valores estéticos e históricos do monumento e fundamenta-se no respeito ao material original e aos documentos autênticos”.

Observa-se que a proposta de novos usos e de adaptação de edificações históricas é apontada por teóricos e em documentos patrimoniais como uma estratégia de conservação desde que não haja perda da significância cultural do bem. Segundo a Carta de Brasília (CURY, 2004, p. 328), a adoção de novos usos é possibilitada desde que tenha “diagnóstico preciso de quais as intervenções que ele aceita e suporta”. É essencial que “[...] os novos elementos a serem introduzidos sejam de caráter reversível e harmonizem com o conjunto”. Além disso, deve-se evitar “em edifícios e conjuntos de valor cultural, as fachadas, a mera cenografia, os fragmentos, as colagens, as moldagens [...]” visto que “levam à perda de autenticidade intrínseca ao bem”.

Comumente o edifício, objeto do restauro, não mantém seu uso original, sendo necessária uma intervenção arquitetônica que resultará em um novo objeto, visto que não há neutralidade na ação de intervenção; a intencionalidade e a criatividade são inerentes à mesma, além de ser produto de um contexto temporal e cultural específico, como argumenta Carsalade (2014, p. 419):

Para tanto devemos reconhecer inicialmente que toda intervenção muda o original. Quando o arquiteto assim o admite (e na arquitetura essa mudança ainda é mais acentuada em relação a outras artes pela questão do uso), ele deve necessariamente considerar o preexistente e seus significados anteriores. A marcação clara do novo em relação ao antigo, prática usual no restauro, deve ser entendida também nessa ótica, como preservação dos significados dos dois momentos. Restaurar não é, assim, somente interferir na expressão da obra de arte e na conservação da matéria histórica, é também “agir sobre”. [...] toda restauração é uma intervenção de cunho pessoal: não há uma neutralidade e toda ela está condicionada ou determinada pela cultura e pelo tempo em que se dá. [...] A intervenção no objeto histórico é sempre em função da reinterpretação – e não há como ser diferente. [...] A compreensão efetiva do restauro deve ser a de um projeto, diferente da simples leitura que não modifica o texto; por exemplo, na arquitetura a reinterpretação do significado é dar um novo uso ao edifício, da mesma maneira que a cidade como obra de arte é uma construção contínua.

Segundo o autor, o restauro deve ser abordado prioritariamente como um problema arquitetônico, apesar de relacionar-se com outros conhecimentos e ciências, como a história e a arte, abordagem essa defendida pelos principais teóricos de restauro atualmente. A arquitetura, entendida enquanto elemento que constrói a paisagem habitada, “é a maneira de ser individual no mundo e é essa individualidade o que precisa ser preservado: estamos preservando, afinal, a nós próprios” (CARSALADE, 2014, p. 529). Ao habitar o mundo, o ser humano atribui-lhe significados e a sensação de pertencimento ocorre quando há identificação com esses na perspectiva existencialista:

O habitar é a condição básica do ser humano, revela a maneira como os homens preenchem seu desejo de existir entre a vida e a morte, sob o céu e a terra. É assim que o homem precisa concretizar o seu mundo para se “sentir em casa”. Esses significados, associados ao habitar, criam através da identificação, uma sensação de pertencimento, que, por sua vez, é a base do habitar. É assim que a arquitetura se dá, através de seu acontecimento, o qual concretiza significados. Se é assim na sua manifestação usual, ainda mais o será quando a esses significados se aderem aqueles outros relativos ao tempo e marcos coletivos, propiciados por sua manifestação no modo patrimônio (CARSALADE, 2014, p. 523).

De acordo com a Carta de Burra (CURY, 2004, p. 249), a atribuição de significância cultural do bem deve ser realizada de acordo com um conjunto de indicadores de modo que “nenhum deles deve ser revestido de uma importância injustificada, em detrimento dos demais”. Contudo, essa atribuição de valores e significados do bem depende das diferentes leituras de espaço e tempo de cada sociedade, ou seja, é relativa à determinada cultura.

Nesse sentido, no patrimônio cultural, deve-se almejar à preservação de uma identidade em transformação em contraponto à preservação da imutabilidade do objeto, como explica Carsalade (2011, n. p.):

Ao mudar a cultura, transformam-se os valores e transformam-se, também, é claro, as atitudes quanto ao patrimônio. Assim, parece que o que se preserva, na realidade, é a identidade em transformação, ou seja, a preservação não está na capacidade do bem de permanecer como está, mas na sua capacidade de mudar junto com as mudanças sócio-culturais. Essa concepção se choca com a aceção de imutabilidade do bem a ser preservado, pois também ele, como a tradição e a cultura, está em constante transformação. Não há, portanto, como buscar a essência do objeto de restauro em uma idéia imutável de “objeto” que sobreviveu à história, pois ele está inserido na história da vida, a qual se caracteriza pela transformação. [...]

A questão da preservação se centra agora, portanto, no conceito de transformação, ou seja, como manejar essa transformação de forma que não se rompa a delicada tessitura entre a tradição e a contemporaneidade, pois, ao intervir no bem patrimonial nós o estamos modificando, sempre, afinal pela tradição ele já nos chega alterado, pela cultura ele nos chega tematizado e, pelo tempo, com sua significação “original” perdida.

Ainda com esta compreensão Kühl (2016, n. p.) apresenta que:

Quando se postula não confundir viabilidade com lucro máximo e se enfatiza que as motivações do restauro são de ordem cultural, ética e científica, não se está afirmando que não existam outros interesses em jogo no que respeita aos bens culturais. Na verdade, se a obra é reconhecida como de interesse cultural, as motivações e os princípios de restauro servem para nortear intervenções e dar um encaminhamento que tenha como pressupostos o entendimento do restauro como ato de cultura. Não significa deixar de considerar os múltiplos fatores envolvidos e os interesses, maioria das vezes divergentes, dos distintos grupos envolvidos. O que preconizam diversas vertentes teóricas da restauração é não perder de vista nem deixar de levar em conta as questões materiais, formais e documentais, pois tendo esses aspectos no horizonte de preocupações, é possível assegurar o respeito também pelos aspectos memoriais e simbólicos.

Nesse contexto de constante transformação, é importante estabelecer o que seria autêntico em cada cultura para o desenvolvimento de projetos de intervenção em bens patrimoniais. De acordo com a Carta de Brasília (CURY, 2004), um bem é considerado autêntico (considerado como verdadeiro, indubitável), quando há correspondência entre seu significado e sua materialidade. Assim, a autenticidade é um conceito mutável visto que depende do contexto social e cultural no qual se insere:

O tema da autenticidade passa então pelo da identidade, que é mutável e dinâmica e que pode adaptar, valorizar, desvalorizar e revalorizar os aspectos formais e os conteúdos simbólicos de nossos patrimônios.

Em um mesmo país não há uma única identidade e podem existir identidades conflitantes. As identidades nacionais continuam em processo de formação, o que dificulta ainda mais o estabelecimento de critérios únicos e invariáveis para o “autêntico” [...].

Os edifícios e lugares são objetos materiais, portadores de uma mensagem ou de um argumento cuja validade, no quadro de um contexto social e cultural determinado e de sua compreensão e aceitação pela comunidade, os converte em patrimônio (CURY, 2004, p. 325-326).

A busca pela preservação da memória de artefatos arquitetônicos é designada pela sua significação cultural. As constantes transformações culturais fazem com que ao patrimônio sejam atribuídos novos significados ao longo tempo. Essa mensagem ou argumento de um bem, portanto, podem mudar sem que haja, no entanto, perda do seu caráter, como defendido na Carta de Brasília:

A mensagem original do bem deve ser conservada – quando não foi transformado e, portanto, permaneceu no tempo –, assim como a interação entre o bem e suas novas e diferentes circunstâncias culturais que deram lugar a outras mensagens diferentes, porém tão ricas como a primeira. Assim é que a autenticidade também faz alusão a todas as vicissitudes às quais o

bem foi sujeito ao longo de sua história e que, contudo, não alteram seu caráter (CURY, 2004, p. 326).

Nessa concepção, para um bem ser autêntico, é necessário que a mensagem original e as outras atribuídas ao bem no decorrer de sua existência seja compreendida e aceita pela comunidade, a qual é inserida em contexto sociocultural, para sua validação. Lira (2009) afirma que a perda ou não de autenticidade está relacionada com a natureza da mudança, a legitimação das necessidades pela sociedade, e o seu impacto na materialidade e imaterialidade do bem:

Cada uma dessas formas de mudança responde a determinadas necessidades. A legitimação de tais necessidades pela sociedade e o modo como as respostas a elas se inscrevem na materialidade e na não materialidade do artefato, são questões que dizem respeito diretamente à autenticidade. Além disso, a depender da natureza da mudança, a verificação da autenticidade nesses artefatos deverá ser feita com bases distintas, envolvendo diferentes aspectos (LIRA, 2009, p.138).

Vários aspectos, portanto, devem ser analisados para avaliar a autenticidade de um bem, sendo necessário, portanto, durante o projeto de intervenção identificar quais valores de significação cultural foram atribuídos à edificação durante o seu tombamento. Ressalta-se que nessa tese, não se pretende tratar sobre o processo de elaboração de significação cultural do bem ou, até mesmo, estabelecer a autenticidade de uma edificação, mas sim evidenciar a necessidade de identificação dos atributos do patrimônio cultural da edificação para o desenvolvimento do projeto de intervenção. Nesse sentido, ressalta-se a importância do estudo e o conhecimento dos princípios de intervenção apresentados nas cartas patrimoniais, pois essas refletem e consolidam as principais discussões e recomendações internacionais a acerca da preservação do patrimônio arquitetônico.

Apesar das discussões iniciais sobre intervenção e preservação do patrimônio estar em torno da definição de restauração, ao longo do tempo esse conceito foi modificado. Posteriormente, conforme apresentada na Carta de Burra, foram definidos termos de acordo com o tipo de ação de conservação, sendo a restauração apenas um dos tipos. Dessa forma, a restauração seria considerada uma das ações possíveis de intervenção no patrimônio. A partir da classificação dos tipos de intervenção para conservação do bem, pode-se concluir que a adaptação é o conceito que mais se aproxima de *retrofit* energético. Assim, restauro e *retrofit* se apresentam como conceitos distintos, mas que estão sob um mesmo arcabouço conceitual que é a intervenção em patrimônio cultural.

2.3. Projeto de intervenção e legislação sobre edificações históricas no Brasil

Ao se tratar de edificações históricas é relevante saber se existem legislação e regulamentação para projetos de intervenção em tais imóveis no Brasil. O conhecimento dessas e dos princípios de intervenção pelos profissionais durante a fase de projeto é fundamental, pois orienta a análise crítica, auxilia na fundamentação as estratégias propostas e no processo de tomada de decisão projetual em busca da preservação dos atributos do patrimônio cultural do bem tombado.

No Brasil, existem alguns manuais de recomendações para elaboração dos projetos de intervenção em edificações históricas, tais como, o “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” desenvolvido pelo Instituto do Programa Monumenta (BRASIL, 2005) e o manual de recomendações para elaboração dos projetos de intervenção em edificações históricas é o “Roteiro: Elaboração de projeto de restauro” desenvolvido pela Fundação de Cultura Catarinense e Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (FCC/ IPUF, 2005).

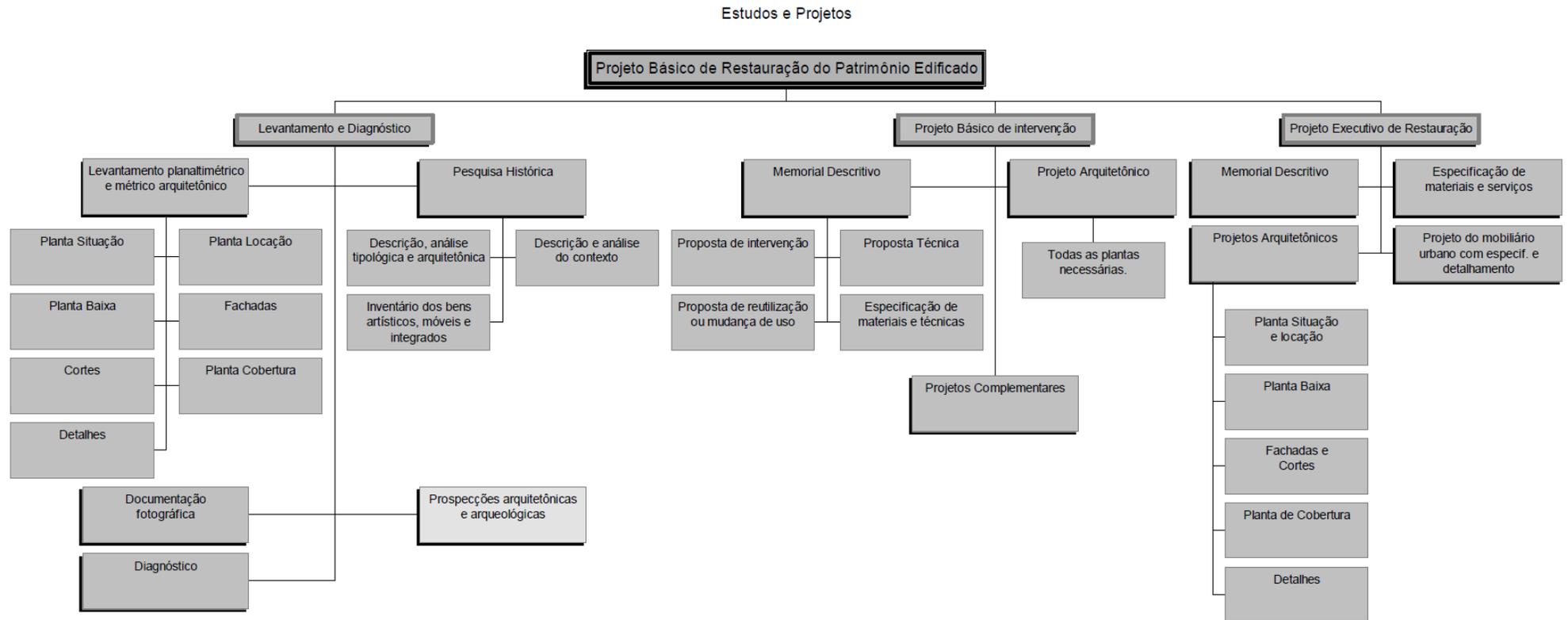
O principal documento utilizado pelo Iphan para orientação e sistematização da elaboração de projetos para preservação do patrimônio arquitetônico e dos espaços públicos urbanos é o “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” (BRASIL, 2005). Ressalta-se que apesar do “Programa Monumenta” do governo federal ter sido encerrado em 2012 o manual ainda é referência para elaboração de projetos nessa área. Nesse documento, o projeto de intervenção no patrimônio arquitetônico é dividido em três etapas principais, a saber:

1. Identificação e conhecimento do bem;
2. Diagnóstico;
3. Proposta de intervenção, contendo estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo.

Cada uma destas etapas é descrita e detalhada no documento com o intuito orientar e estabelecer diretrizes para o processo de projeto tanto em edifícios, como em espaços urbanos. Na Figura 6 é apresentado o fluxograma das etapas de projeto básico de restauração em patrimônio arquitetônico. O projeto deve ser aprovado pelo próprio Iphan, o qual possibilita a consulta prévia dos interessados durante as etapas preliminares sobre informações para o desenvolvimento de projeto de preservação em bem tombados federais. Alerta-se ainda sobre a necessidade do cumprimento de demais normas e legislações vigentes para aprovação do projeto. Na Figura 7 é apresentado um fluxograma simplificado do processo de projeto com indicação das etapas de aprovação no Iphan.

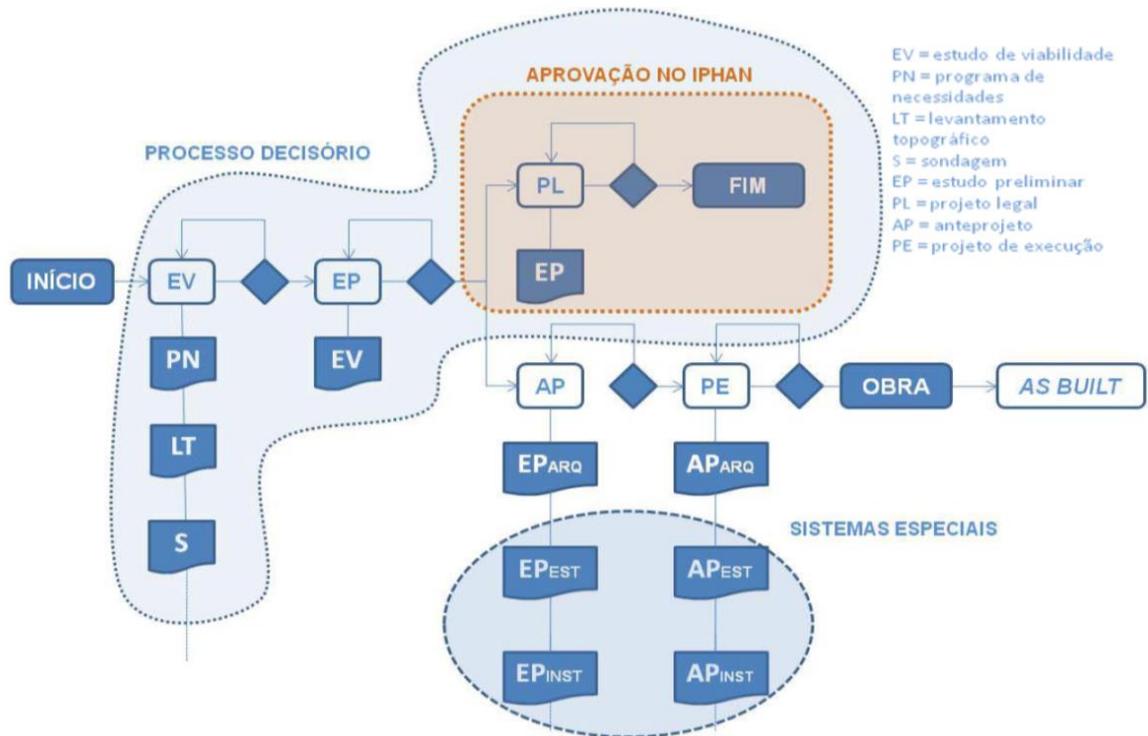
Cabreira *et al* (2011) estudaram o processo de projeto de intervenção em edificações históricas investigando o impacto do projeto de climatização (condicionamento de ar interior de edifícios, de maneira artificial ou não). Segundo as autoras, esse projeto frequentemente é incluído na fase de anteprojeto (na Figura 7 está como sistemas especiais), mas enfatizam a necessidade integrá-lo ainda nas fases iniciais de concepções do empreendimento, durante o processo decisório, visto que “podem levar a intervenções agressivas e sobretudo predatórias aos edifícios históricos que se propõe preservar” (CABREIRA *et al* , 2011, p.55). Portanto, para as autoras a situação apresentada na Figura 7 “reflete o pensamento tradicional de projeto, que não se aplica àquele necessário ao planejamento de intervenções em edifícios históricos” ; estas propõem um novo modelo de processo integrado para projeto de restauração em edifícios históricos conforme ilustrado na Figura 8 (CABREIRA *et al* , 2011, p.57).

Figura 6: Projeto básico de restauração do patrimônio edificado.



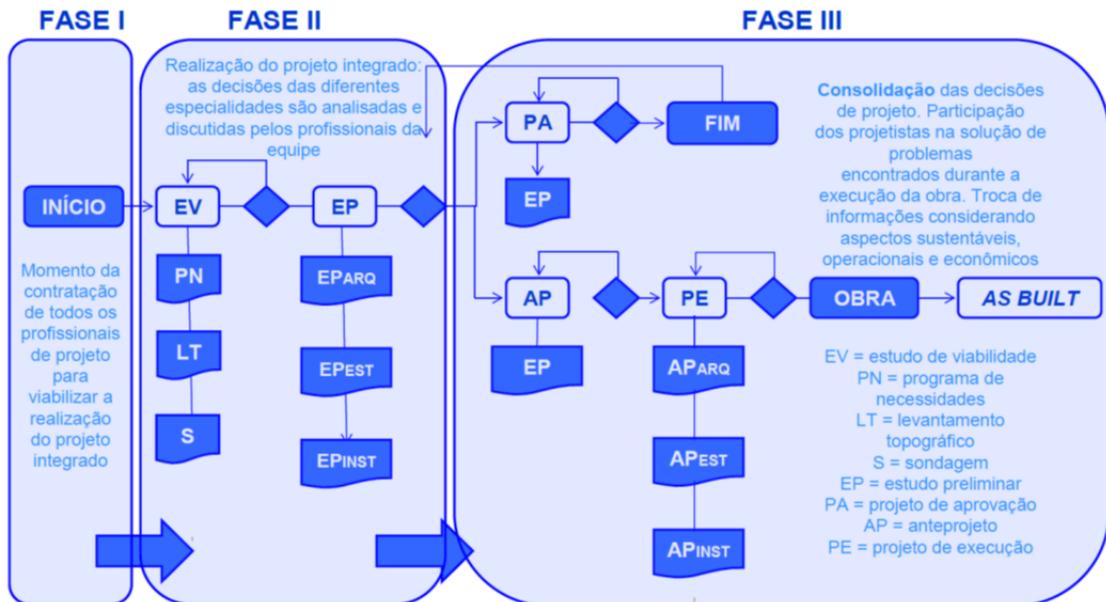
Fonte: Coelho (2003), elaborado a partir das informações contidas no Manual de Apresentação de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural (IPHAN, Monumenta/BID)

Figura 7: Fluxograma simplificado do processo de projeto com indicação das etapas de aprovação no IPHAN.



Fonte: Adaptado de SALGADO (2008 *apud* CABREIRA *et al.*, 2011)

Figura 8: Fluxograma simplificado do processo de projeto integrado para projetos de restauração de edifícios históricos.



Fonte: Cabreira *et al* (2011).

No fluxograma proposto pelas autoras o estudo preliminar de todas as disciplinas, incluindo o projeto de climatização, é desenvolvido de forma integrada e simultânea na fase II, que é a etapa de tomada de decisão do projeto, que concluída conduzirá ao projeto de aprovação e ao desenvolvimento do projeto executivo. Evidencia-se a pertinência do trabalho multidisciplinar na etapa de estudo preliminar do projeto de restauro, incluindo a contratação na fase de concepção do produto dos projetistas das especialidades.

Ainda sobre o Manual de projetos do Programa Monumenta, nele são estabelecidas premissas para os projetos de intervenção em patrimônio arquitetônico, a fim de preservar os valores estéticos e culturais do bem tombado (BRASIL, 2005, p. 15-16). Uma delas é o “conhecimento dos documentos internacionais e dos princípios enunciados nas cartas patrimoniais”, considerado essencial para o desenvolvimento do projeto de preservação. Outra premissa é que o uso deve ser compatível com a vocação do bem tombado. O projeto deve ainda interferir o mínimo possível em sua autenticidade compreendida em diversas dimensões, a destacar:

- Autenticidade dos materiais: “implica na manutenção da maior quantidade possível de materiais originais, de modo a evitar falsificações de caráter artístico e histórico.”
- Autenticidade histórica: “permeia todos os aspectos associados ao Bem, não sendo permitida qualquer intervenção que possa alterar ou falsificar os valores históricos contidos nos materiais, técnicas construtivas, aspectos estéticos e espaciais”.
- Autenticidade estética: “corresponde ao respeito às idéias originais que orientaram a concepção inicial do Bem e das alterações introduzidas em todas as épocas, que agregando valores, resultaram numa outra ambiência, também reconhecida pelos seus valores estéticos e históricos”.
- Autenticidade dos sistemas construtivos e suas peculiaridades: “evitando o uso de técnica que seja incompatível e descaracterize o sistema existente”.
- Autenticidade do espaço envolvente: “não implica no entendimento do Bem isoladamente e sim no contexto no qual está inserido, considerando os aspectos natural, histórico, quer urbano ou rural”.

Assim, pode-se observar a busca no projeto pelos princípios de intervenção mínima, distinguibilidade, compatibilidade do material, a busca pela preservação máxima dos valores históricos existentes no bem quanto aos aspectos espacial, estético ou construtivo (materiais e técnicas construtivas). Observa-se a consideração pelos aspectos de valor estético não apenas da ideia original, mas das intervenções posteriores, ou seja, avaliando o processo de valoração do bem ao longo do tempo. Além disso, a necessidade de considerar aspectos de valoração entre o bem e o seu entorno.

Cabe ainda ressaltar no documento como é tratada a questão da reconstrução (BRASIL, 2005, p. 12), a qual é definida como “conjunto de ações destinadas a restaurar uma edificação ou parte dela, que se encontre destruída ou em risco de destruição, mas ainda não em ruínas”. O documento especifica que a reconstrução é permitida em “poucos casos especiais e deve ser baseada em evidências históricas ou documentação indiscutíveis. São exemplos: as edificações destruídas por incêndios, enchentes, guerra, ou, ainda, na iminência de serem destruídas, como no caso de construção de barragens”.

Astorga (2016, p.188) afirma que “a reconstrução é uma opção quando estamos perto do sinistro, em momento de dor é legítimo devolver aquela imagem, completa do que se perdeu”, contanto, transcorrido um determinado tempo do mesmo (meses, anos, décadas, etc.) tende-se à consolidação do bem em vez de reconstrução do mesmo.

A reconstrução, em geral, é vista negativamente por muitos teóricos e críticos por poder implicar no falseamento histórico na arquitetura ao procurar reestabelecer o estado “original” ou “anterior” da conformação do bem. Como citado anteriormente, a carta de Burra (CURY, 2004, p. 248) possibilita a reconstrução, mas ressalta que essa “não deve ser confundida com a criação, nem com a reconstrução hipotética”, se distinguindo pela “introdução de materiais diferentes” na substância existente podendo ser materiais novos ou antigos, ou seja, sendo necessário o respeito ao princípio de distinguibilidade nesse tipo de intervenção.

Vieira, Maranhão e Viera (2013) criticam a prática das reconstruções miméticas em intervenções do patrimônio arquitetônico, visando à imitação e ao retorno temporal, realizada pelos órgãos de preservação patrimoniais brasileiros. Os autores questionam “a recorrência do discurso de valorização da imaterialidade e participação população como justificativas para a realização de reconstruções miméticas”, ressaltando que a prática se estendia por períodos anteriores quando não se abordavam estas questões no âmbito da preservação patrimonial no Brasil.

Vieira e Goes (2014) observam que no manual do Programa Monumenta há diretrizes que estimulam a prática de intervenções preservacionistas que visam à manutenção do estado “original” do bem tombado, o que pode desconsiderar as mudanças ocorridas ao longo do tempo e resultar na produção do falso histórico na arquitetura. Segundo as autoras, é necessário que o arquiteto atente-se para os diversos fatores relacionados ao patrimônio arquitetônico para desenvolvimento do projeto de intervenção de modo a evitar pastiches ou o comprometimento da integridade do bem tombado. “A falta de diretrizes norteadoras baseadas no rigor metodológico desencadeia em uma série de exemplos mal sucedidos de intervenções” (VIEIRA, GOES, 2014, p. 9).

Carsalade (2014, p. 411) apresenta que no Brasil há uma diversidade de tendências e práticas de restauro arquitetônico:

A tendência brasileira de restauro [...] é bastante inspirada na cultura europeia, especialmente a italiana, e incorpora a o mesmo debate entre as instâncias estética e histórica, havendo os que privilegiam a história e os que privilegiam a arte. Assim, a prática nacional apresenta uma gama diferenciada de atitudes quanto à restauração. Há o empirismo pragmático que insiste na conservação da matéria e na intervenção por analogia, há os casos em que a história prepondera sobre a estética, em outros a reconstrução – com simplificações ou não – é admitida e incentivada, outras vezes as descaracterizações são admitidas por estarem “incorporadas”, toleram-se pequenas citações do passado para se recuperar o “ar antigo” e repudiam-se as alterações que comprometem a “foto” histórica (a busca de uma certa unidade estilística ou temporal entre o novo e o antigo). Estimula-se a ideia do restauro “científico”, especialmente como oposição a um conflito básico existente na prática profissional entre os arquitetos criativos (normalmente mal formados nesse campo específico, nas escolas) versus técnicos conservadores (que muitas vezes repetem pouco criticamente as “tendências” da história do restauro).

De acordo com Carsalade (2014, p. 411), as estratégias de projeto não conseguem contemplar todas as dimensões possíveis de serem trabalhadas no restauro, “qualquer restauração acaba por privilegiar uma instância em detrimento de outras”, sendo relevante entender o que se restaura. Segundo o autor, a área de restauro apresenta suas contradições quando relacionam a instância histórica, estética e cultural com questões problemáticas relativas às atividades de restauro, tais como, o momento político, recursos disponíveis, novos usos, identidade com a comunidade, entre outros. Em sua concepção, não há como “isolar o problema de seus envolventes culturais, sociais, políticos, econômicos etc. – portanto, contextuais – e nem abrigá-los sob a redoma exclusiva de uma cartilha de procedimentos técnicos. Na esfera do restauro, a ação do restaurador é sempre hermenêutica, embora muitas vezes o profissional não se dê conta disso” (CARSALADE, 2014, p. 491). Ainda segundo o autor, em um ambiente construído em constante transformação, a consciência histórica e contextual possibilita a conciliação entre conservação e criação em restauração, para isso, é necessária uma formação consistente e crítica do arquiteto para que ao projetar possa avaliar o contexto cultural contemporâneo e ter consciência da história do lugar visando integrá-los na proposta de intervenção.

Segundo Ribeiro (2016), a preservação do bem deve ser objetivo central de um projeto de intervenção, bem como é necessário que o mesmo venha agregar valor ao lugar, sendo necessária a reflexão crítica no processo de ressignificação do bem. A autora ressalta a importância de seguir os princípios basilares de intervenção no bem patrimonial (distinguidade, reversibilidade e mínima intervenção), bem como de determinar os valores intrínsecos do bem a serem preservados, buscando coerência, consistência e fundamentação teórica na proposição de estratégias de intervenção. No entanto, ressalta que há uma dificuldade de consenso entre diferentes agentes na definição das estratégias de intervenção dado ao trabalho multidisciplinar e a defesa pessoal ou apenas técnica sem considerar questões teóricas patrimoniais:

A falta da discussão teórica, dos estudos dos documentos nacionais e internacionais de patrimônio, de forma aprofundada e crítica tem gerado intervenções descabidas no patrimônio arquitetônico e muitas com a tutela e acompanhamento dos órgãos de preservação. Não existe diálogo entre os técnicos, arquitetos e especialistas em conservação e restauração do patrimônio. Os projetos aprovados não possuem uma diretriz de intervenção, um pensamento lógico e coerente entre as diversas situações de intervenção num bem tombado (RIBEIRO, 2016, p.22).

Segundo Ribeiro (2016, p.23), deve-se evitar a intervenção arquitetônica de preservar apenas as fachadas, “fachadismo”, e descaracterizar o seu interior em prol de atendimento do uso, visto que “a arquitetura não é feita só de fachadas, mas de toda uma estrutura projetual interna que caracteriza e define a época da construção”. Para a autora, nem o uso, nem as questões econômicas devem prevalecer no processo de decisão projetual, mas sim, a escolha por uso compatível com configuração física do bem patrimonial. “O uso deve se adaptar ao prédio, não o inverso”, diz Lima Carlos (2016, p.109), que também critica a prática do “fachadismo” em projetos de intervenção em edifícios históricos. Conforme orientação da Carta de Brasília (CURY, 2004), essa prática deve ser evitada por poder implicar na perda da autenticidade e no efeito cenográfico no patrimônio.

Kühl (2006, p.19, *apud* VIEIRA, MARANHÃO, VIERA, 2013) enfatiza que na elaboração de projetos de restauro arquitetônico é preciso que haja rigor metodológico e “este tipo de projeto deve ser fruto de uma compreensão aprofundada do campo multidisciplinar da preservação patrimonial”. Segundo a autora, o uso de referências teóricas e metodológicas deve conduzir o processo criativo e o pensamento crítico no processo de projeto de intervenção em restauro, além de ser necessário o estudo aprofundado do bem para definição das estratégias de intervenção.

A aplicação dos conhecimentos teóricos e metodológicas relativos à conservação em projeto de edifícios tombados não deve ser entendido como fator limitante, mas como potencializador da criatividade e do senso crítico do profissional na prática projetual em respeito ao bem patrimonial. Além disso, essa postura profissional respeitosa deveria ser estendida também para aqueles de importância histórica, mas que não possuem respaldo legal para sua salvaguarda (LIMA CARLOS, 2016).

Como apresentado por diversos autores, os aspectos teóricos e metodológicos devem guiar o projeto de intervenção em bens patrimoniais em busca da preservação de seus atributos do patrimônio cultural, bem como em busca de agregar novos valores condizentes com o contexto contemporâneo. Para tal o conhecimento aprofundado do bem, o conhecimento multidisciplinar e análise crítica e contextual são necessários.

Astorga (2016) destaca que acessibilidade e sustentabilidade são questões contemporâneas a serem contempladas no projeto de intervenção corroborando para a aproximação da relação humana com os bens patrimoniais. Em sua concepção, além dos princípios de intervenção patrimonial consagrados, como mínima intervenção, distinguibilidade, reversibilidade, o projeto de “restauração” ideal deve conservar mais do que restaurar e buscar pelo estreitamento dos laços entre o ser humano e o monumento. A proposta conceitual do projeto de intervenção deverá ser clara, sendo possível desenvolver três maneiras de ação: consolidação, conservação e restauração.

Algumas dificuldades do processo de projeto de intervenção em bens patrimoniais e sua salvaguarda no Brasil são apresentadas pelo autor:

Muitas são as dificuldades que a salvaguarda de monumentos enfrenta no Brasil, como a falta de visão por parte dos responsáveis e proprietários dos monumentos quanto ao real valor que possui o seu patrimônio: a falta de visão por parte das empresas do real valor que é investir em restauração de patrimônio, a falta de uma norma ou carta de reparo específica para o Brasil (ou por regiões) que permita regulamentar e padronizar alguns procedimentos e itens de projeto, o pouco valor que se dá aos projetos de modo geral e especificamente estes de restauro, como se pode constatar pela falta de investimentos nesta área com a utilização de projetos básicos orientando grande obras; a falta de divulgação e intercâmbio de informações e resultados entre esses projetos e obras e a dificuldade que enfrentam os próprios órgãos públicos do patrimônio (infraestrutura e equipe) para atender às demandas e à própria fiscalização (ASTORGA, 2016, p. 200).

Astorga (2016) ressalta que a falta de investimento e valorização do projeto de restauro tem contribuído para perdas inestimáveis em monumentos no Brasil. O entendimento de que o projeto de restauração possui especificidades, não somente pelo domínio no conhecimento teórico em preservação e pelo trabalho multidisciplinar que é necessário, mas que o processo de projeto se estende para o período de execução da obra, onde podem surgir novas informações sobre o bem e demandas que podem implicar em novas análises e decisões projetuais. Nesse sentido, também é criticada a ausência de uma norma ou carta brasileira ou por região na área de restauro para regulamentação e padronização de procedimentos para projeto de intervenção em bens patrimoniais no país (ASTORGA, 2016).

2.4. Avaliação do impacto do *retrofit* energético com os critérios de preservação patrimonial

Nesta seção são abordados métodos para escolha de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas considerando o impacto dessas na preservação da significância cultural. A busca pelo balanceamento entre a melhoria de desempenho energético e os aspectos de valoração a serem

preservados é abordada, bem como diferentes categorias e critérios de avaliação das estratégias de *retrofit* energético. Alguns métodos propõem a avaliação qualitativa, já outros buscam quantificar os aspectos de valoração cultural das edificações históricas.

Recentemente, foi publicada a EN 16883 (2017) que apresenta um método para escolha de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas visando balancear, durante o processo de projeto, o desempenho energético e os impactos dessas sobre o valor patrimonial. Na Tabela 1 estão apresentados os critérios e categorias de avaliação de estratégias de *retrofit* energético, bem como a escala de avaliação de cada estratégia compreendida em cinco níveis: risco alto, risco baixo, neutro, benefício baixo, e benefício alto. Portanto, o modelo proposto de avaliação parte da relação de risco/benefício para eliminar as inapropriadas e escolher as melhores estratégias de *retrofit* energético.

Segundo a EN 16883 (2017), o processo de escolha de estratégias envolve a participação de uma equipe multidisciplinar e é composto por cinco passos, que são: relação de uma longa lista de estratégias; exclusão das estratégias inapropriadas; avaliação das estratégias restantes; seleção de pacotes de estratégias; e avaliação em relação às categorias. Os objetivos são estabelecidos tanto para gestão e preservação do patrimônio edificado, como para melhoria de desempenho energético. Esses devem ser bem claros e definidos. A prioridade ou peso de cada categoria deve ser definida o quanto antes e pode ser revisada depois do processo. A avaliação das estratégias pode ser realizada ainda em parte da edificação ou no todo. O método não pretende ser uma ferramenta mecânica para escolha de uma resposta, mas possibilitar uma avaliação transparente e o diálogo multidisciplinar no processo de tomada de decisão.

O método da normativa assemelha-se às principais abordagens sobre a temática existentes na literatura. Em geral, nos estudos, utiliza-se uma equipe multidisciplinar de especialistas; muitos estudos apresentam critérios subjetivos para a escolha de estratégias para a tomada de decisão; poucos estudos apresentam ferramentas qualitativas para a escolha de estratégias. Algumas das ferramentas qualitativas identificadas são as tabelas de risco/benefício como a da norma baseada nas pesquisas de Broström *et al.* (2014), e Sahin *et al.* (2015), e as matrizes ou gráficos sugeridos por Polo Lopez *et al.* (2012); e Hermann e Rodwell (2015).

Tabela 1: Critérios de avaliação das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas segundo a EN 16883 (2017).

Categoria de avaliação	Critérios de avaliação	Estratégia 1	...	Estratégia n
Compatibilidade de técnica	Risco higrotérmico			
	Risco estrutural			
	Risco de corrosão			
	Risco de reação a sal			
	Riscos biológicos			
	Reversibilidade			
Significação patrimonial do edifício e suas configurações	Risco de impacto material			
	Risco de impacto visual			
	Risco de impacto espacial			
Viabilidade econômica	Custo de capital			
	Custo operacional, incluindo custo de manutenção			
	Retorno econômico			
	Poupança econômica			
Energia	Desempenho energético e demanda de energia operacional no termos de: - classificação de energia primária (total)			
	- classificação de energia primária (não renovável)			
	- classificação de energia primária (renovável)			
	Demanda de energia de ciclo de vida em termos de consumo de energia primária renovável e não renovável. Isso inclui o conceito de energia incorporada.			
Qualidade ambiental interna	Condições ambientais internas adequadas para a preservação de conteúdo de edifícios			
	Condições ambientais internas adequadas para preservação da estrutura de construção			
	Condições ambientais internas adequadas para alcançar bons níveis de conforto dos ocupantes			
	Emissão de outras substâncias nocivas			
Impacto no ambiente externo	Emissões de gases com efeito de estufa, a partir de medidas implementadas e operacionais			
	Emissão de outras substâncias nocivas			
	Recursos naturais			
Aspectos de uso	Influência sobre o uso e os usuários do edifício			
	Consequências da mudança de uso			
	Consequências da adição de nova sala técnica			
	Capacidade de construir usuários para gerenciar e operar sistemas de controle			

Escala de avaliação

Risco alto	Risco baixo	Neutro	Benefício baixo	Benefício alto
------------	-------------	--------	-----------------	----------------

Fonte: Adaptado da EN 16883 (2017, tradução nossa).

Poucos estudos propuseram ferramentas quantitativas, tais como, os de Roberti *et al.* (2015, 2017) que propuseram o uso do processo analítico hierárquico (*Analytic Hierarchy Process - AHP*) e a otimização multiobjetiva (OMO) com uso de algoritmos requerendo equipe especializada para o processo de desempenho. Poucos trabalhos tentaram estabelecer um sistema de análise para os valores de significância, tais como, Ericksson *et al.* (2014); e Atkins, Emmanuel e Hermann (2018). Nessa linha de estudo de balanceamento de *retrofit* energético em edificações históricas, Piderit, Agurto e Marín-Restrepo (2019), além de considerar o desempenho energético e os aspectos de impacto nos valores patrimoniais, incluíram as patologias.

Segundo Zhou, Ang e Poh (2006), é possível classificar os métodos de tomada de decisão para escolha de estratégias de *retrofit* em três categorias: análise de decisão de único objetivo; análise de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Analysis – MCDA*); e sistema de suporte a decisão (*Decision Support Systems – DSS*). De acordo com Webb (2017), a maioria dos projetos de pesquisa desenvolvidos na União Europeia (UE) apresentados na Tabela 2, utiliza os métodos MCDA e DSS para a escolha de estratégias de *retrofit* energético. Na MCDA as alternativas são avaliadas com base em múltiplos objetivos concorrentes entre si. Os DSS referem-se a sistemas de programas interativos que lidam com problemas complexos de decisão.

Tabela 2: Grupos de projeto de pesquisa na UE.

Nome do projeto	Período	Resumo	Website do projeto
3ENCULT	2010–14	Visa preencher a lacuna entre a preservação do patrimônio cultural e a proteção do clima, desenvolvendo soluções adequadas de <i>retrofit</i> .	http://www.3encult.eu/
<i>Climate for Culture</i>	2009–14	Estima o impacto das alterações climáticas sobre edifícios históricos e seus conjuntos na Europa e no Mediterrâneo, utilizando modelos de mudanças climáticas regionais e simulação higratérmico.	http://www.climateforculture.eu/
Co2olBricks	2010–13	Examina estratégias de <i>retrofit</i> energético para edifícios históricos de tijolos na região do Mar Báltico.	http://co2olbricks.eu/
EFFESUS	2012–16	Investiga a eficiência energética dos distritos urbanos históricos da UE e desenvolve estratégias de melhoria.	http://www.fffesus.eu/
New4Old	2007–10	Promove a integração do uso racional de energia e fontes de energia renovável em edifícios históricos na UE.	https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/new4old
NOAH'S ARK	2004–07	Avalia os riscos impostos ao patrimônio cultural na Europa pelas mudanças climáticas.	http://cordis.europa.eu/project/rcn/73915
SECHURBA	2008–11	Investiga barreiras para melhorar a eficiência energética em áreas urbanas históricas.	http://www.sechurba.eu/

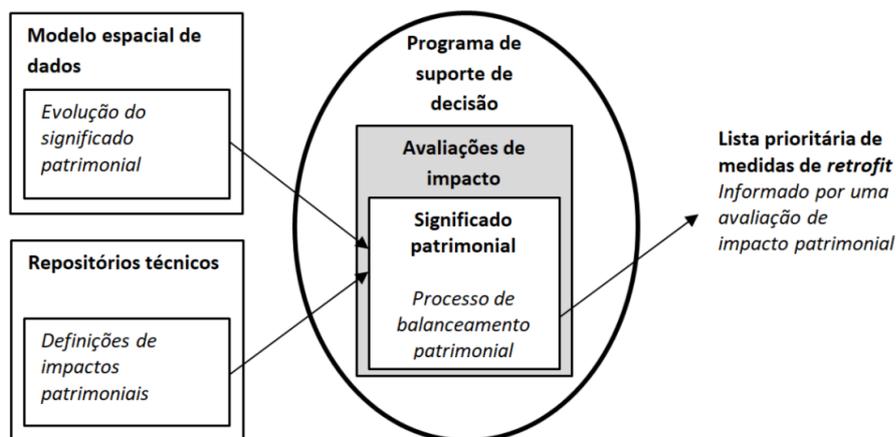
Fonte: Adaptado de Webb (2017, tradução nossa).

A seguir são apresentados os estudos de Eriksson *et al.* (2014) e Roberti *et al.* (2015, 2017), que serviram de referência para o desenvolvimento do método proposto na tese.

Eriksson *et al.* (2014), integrantes do projeto EFFESUS de apoio à decisão, desenvolveram um DSS que utiliza seis módulos para avaliar o impacto de medidas de *retrofit* em edificações históricas, que são: ambiente interno; compatibilidade da construção; significado patrimonial; energia incorporada; energia operacional; e economia. Os autores estruturam a análise por locais de avaliação, os quais são sistematizados em três grupos: distrito urbano, edifício interno e edifício externo. Foram ainda propostos três tipos de avaliação patrimonial: visual (aparência, estética, proporção, etc.); físico (materialidade, etc.); e espacial (layout da planta, ambiente, espaço, etc.).

O método para avaliação de impacto patrimonial, em especial, permite o equilíbrio entre os níveis de significância patrimonial atribuídos aos edifícios históricos e os níveis de impacto patrimonial definidos de acordo com as medidas de *retrofit*. O programa de apoio à decisão EFFESUS tem como dados de entrada a avaliação de significância do patrimônio e definições de impacto patrimonial e como dados de saída pacotes de lista prioritária de medidas de *retrofit*, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9: Processo de avaliação de impacto patrimonial



Fonte: Adaptado de Eriksson *et al.* (2014, tradução nossa).

Para o processo de balanceamento patrimonial são comparados, portanto, os dois conjuntos de dados: avaliação de significância patrimonial e definições de impacto patrimonial. Os níveis de significância e de impacto patrimonial foram estabelecidos em uma escala de valor de 0 a 4. Para o nível de impacto patrimonial, o nível 0 corresponde que “não se aplica ou inexistente” e o nível 4 corresponde a “severo”. Para o nível de significância patrimonial, foi estabelecida a seguinte escala:

- 0 – Neutra ou negativa, ou não se aplica;
- 1 – Menor;
- 2 – Grande;
- 3 – Excepcional; e
- 4 – Excepcionalmente proeminente.

Os resultados do processo de balanceamento entre os níveis de significância patrimonial e o impacto patrimonial das estratégias de *retrofit* podem ser: aceitável, potencialmente aceitável, suscetível de ser aceito; e não aceitável (ERIKSSON *et al.*, 2014).

As três categorias de análise de impacto patrimonial (visual, físico e espacial) propostos por Eriksson *et al.* (2014) também foram utilizadas por Roberti *et al.* (2015, 2017) em método para otimização das estratégias de *retrofit* visando a preservação dos valores culturais e a melhoria do desempenho energético e conforto ambiental em edificações históricas. O método de Roberti *et al.* (2015, p. 190) é composto pelas seguintes etapas:

1. “Seleção de um conjunto geral de estratégias de *retrofit* energético para edifícios históricos, considerando aspectos de conservação, desempenho energético e conforto;
2. Avaliação do impacto da conservação em cada medida de *retrofit*;
3. Quantificação do consumo de energia e do conforto usando um modelo de simulação dinâmico;
4. Definição das combinações de intervenções que produzem as melhores compensações entre esses objetivos, através de uma otimização multiobjetiva”.

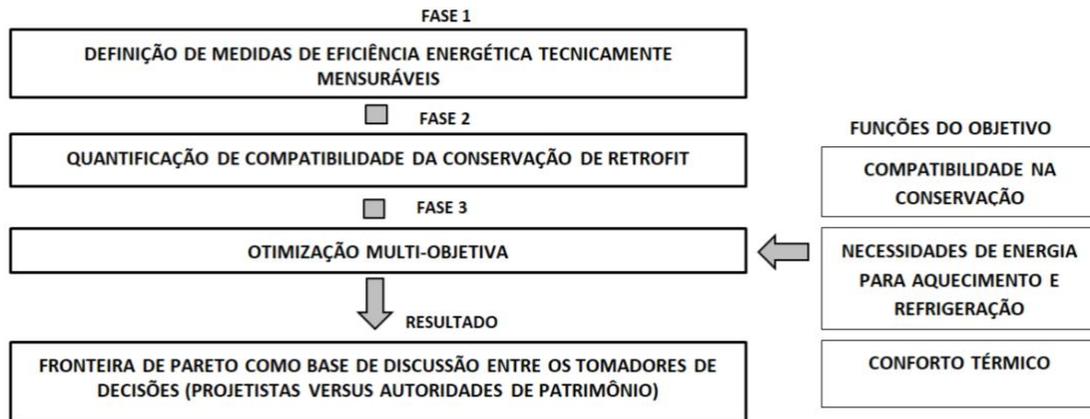
Após a etapa de otimização multiobjetiva, Roberti *et al.* (2017) destacaram ainda a etapa de análise e discussão de resultados utilizando a fronteira de Pareto, conforme apresentado na Figura 10.

A etapa de avaliação de quantificação do impacto da conservação para cada medida de *retrofit* foi realizada por uma equipe multidisciplinar e por especialistas em conservação, que atribuem pesos e pontuação para cada aspecto avaliado. Na Figura 11, Roberti *et al.* (2015) ilustram os principais passos do processo de quantificação do impacto da conservação para cada medida de *retrofit* energético.

No primeiro passo, são atribuídos pesos para cada tipo de impacto e para cada componente da edificação avaliado, que podem ser aplicados a outras edificações históricas, ou seja, não dependem do caso analisado. Após a atribuição dos pesos por cada membro da equipe multidisciplinar, para cada item é obtida uma média. Já nos outros passos, a avaliação refere-se a características intrínsecas do estudo de caso. No segundo passo, especialistas em conservação avaliam a compatibilidade

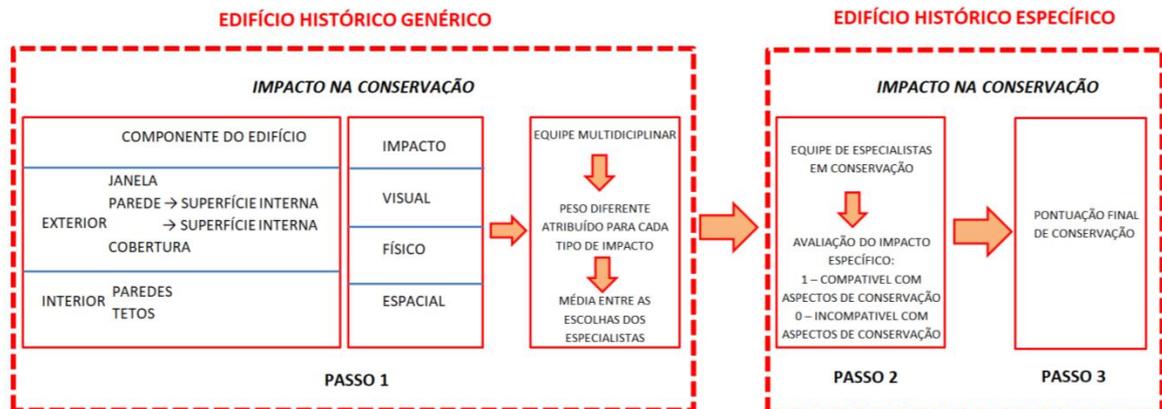
(pontuação equivalente a 0) ou incompatibilidade (pontuação equivalente a 1) da intervenção de *retrofit* com a conservação da edificação histórica. Neste passo, também é realizada a análise para cada componente e para cada tipo de impacto. Por fim, no terceiro passo, a pontuação final de conservação é obtida a partir do somatório dos pontos atribuídos no segundo passo (ROBERTI *et al.*, 2015).

Figura 10: Método para avaliar *retrofit* em termos de compatibilidade de conservação, necessidades energéticas para aquecimento e resfriamento, e conforto térmico



Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2017, tradução nossa)

Figura 11: Processo de quantificação do impacto ambiental para cada medida de *retrofit*

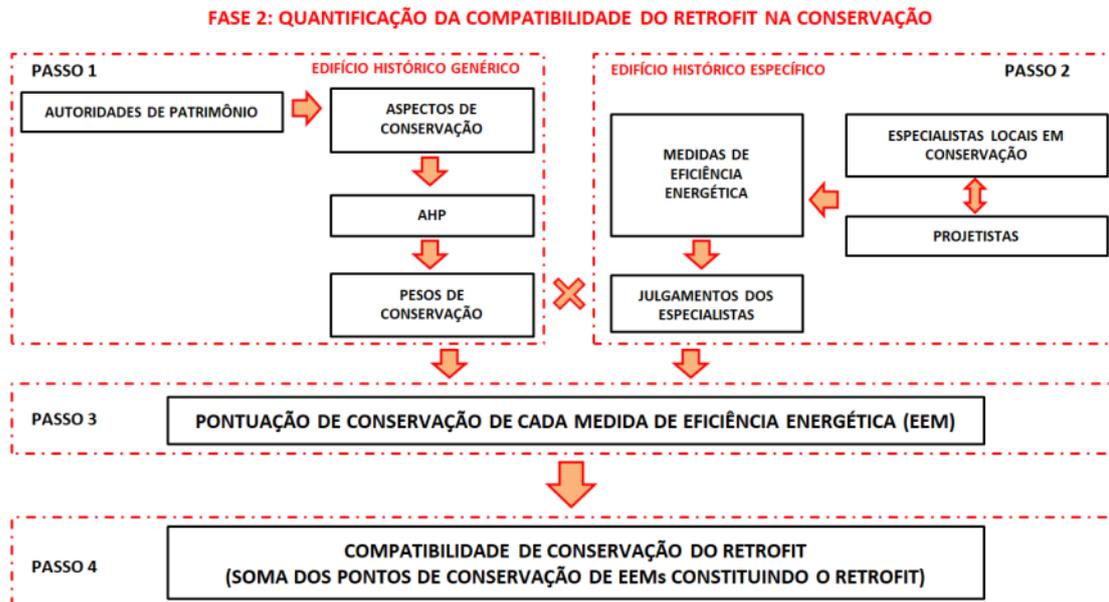


Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2015, tradução nossa)

No trabalho de Roberti *et al.* (2017), os procedimentos da etapa de quantificação da compatibilidade de conservação do *retrofit* é apresentada de forma mais detalhada conforme apresentado na Figura 12 e

Tabela 3.

Figura 12: Detalhamento da etapa 2 de quantificação da compatibilidade de conservação do *retrofit*



Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2017, tradução nossa)

O método para tomada de decisão utilizado na etapa de quantificação da compatibilidade de conservação do *retrofit* proposto por Roberti *et al.* (2017) é o AHP. A análise proposta é a matriz de comparação emparelhada apresentada na Tabela 02, que consiste na comparação do grau de importância de um aspecto de conservação do componente da construção da linha em relação a outro aspecto da coluna. A pontuação para cada relação varia numa escala entre -5 a +5, cuja correspondência é apresentada a seguir (ROBERTI *et al.*, 2017):

- -5: Relativa importância extremamente inferior,
- -4: Relativa importância muitíssimo inferior,
- -3: Relativa importância muito inferior,
- -2: Relativa importância moderadamente inferior,
- -1: Relativa importância ligeiramente inferior,
- 0: Relativa importância igual,
- 1: Relativa importância ligeiramente superior,
- 2: Relativa importância moderadamente superior,
- 3: Relativa importância muito superior,
- 4: Relativa importância muitíssimo superior e

- 5: Relativa importância extremamente superior

Tabela 3: Exemplo de uma matriz de comparação emparelhada preenchida, onde J: janelas; PE: paredes externas; EX: superfície exterior; IN: superfície interior; C: cobertura; PI: Paredes internas; T: tetos; V: Visual; F: físico; E: espacial.

		J			PE						C			PI			T		
					EX			IN											
		V	F	E	V	F	E	V	F	E	V	F	E	V	F	E	V	F	E
J	V		-2	-4	0	-1	0	0	-1	0	0	-2	-2	0	-1	1	0	-1	-1
	F			2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2
	E				0	0	0	0	0	0	2	-1	0	2	-2	0	2	-1	0
PE	EX	V				-2	0	2	0	2	0	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1
		F					2	2	0	2	2	0	2	2	0	3	2	0	2
		E						2	0	1	2	-1	0	2	-1	1	2	-1	0
	IN	V							-2	-2	0	-2	-1	0	1	-1	0	-1	-1
		F								-1	2	-1	2	2	0	2	2	0	2
		E									2	-1	0	2	-2	0	2	-1	0
C	V											-3	-1	0	-1	-1	0	-1	-1
	F												2	2	0	3	2	0	1
	E													2	0	1	2	-1	0
PI	V														-2	-2	0	-1	-1
	F															2	2	0	1
	E																2	-1	0
T	V																	0	-1
	F																		1
	E																		

Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2017, tradução nossa)

Os autores propuseram o preenchimento de 10 matrizes de comparação emparelhada por especialistas na área, conforme exemplificado na

Tabela 3. De cada matriz de comparação emparelhada é obtida a taxa de consistência – *Consistency Ratio* (CR). O critério de aceitação possível da CR varia entre 0 a 0.1, ou seja, são tolerados no máximo 10% de inconsistência no preenchimento da matriz de comparação emparelhada (SAATY¹³,

¹³ SAATY, R.W. The analytic hierarchy process - what it is and how it is used. **Math. Model.** 9 (1987) 161–176, [http://dx.doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](http://dx.doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).

1987 *apud* Roberti *et al.*, 2017). Para as CR superiores a 0,1, a matriz de comparação emparelhada deve ser modificada minimamente possível para obter valor inferior a 0,1. Para tanto, Roberti *et al.* (2017) utilizaram o algoritmo desenvolvido por Cao *et al.*¹⁴ (2008). Após esse passo, os autores propuseram a realização da média dos pesos propostos por cada especialista e, então, dividiram o valor obtido pelo número total de medidas de eficiência energética. Por fim, a pontuação final é avaliada numa escala de 0 a 1, que corresponde de “*retrofit* completamente não preservado” a “sem *retrofit*”, conforme exemplo da **Erro! Autoreferência de indicador não válida..**

Tabela 4: Média dos pesos aplicados a cada componente do edifício considerando os aspectos de conservação

Componente do edifício	Aspectos de conservação	Pesos de conservação aplicáveis ao edifício histórico genérico	
J	V	0,0113	
	F	0,0177	
	E	0,0137	
PE	EX	V	0,0168
		F	0,0258
		E	0,0115
	IN	V	0,0093
		F	0,0202
		E	0,0084
C	V	0,0094	
	F	0,0213	
	E	0,0094	
PI	V	0,0076	
	F	0,0188	
	E	0,0074	
T	V	0,0081	
	F	0,0231	
	E	0,0101	

Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2017, tradução nossa)

Após o estabelecimento dos pesos, são avaliadas por especialistas as medidas de *retrofit* energético quanto ao aspecto de conservação e em relação a cada componente construtivo do estudo de caso, ou seja, levando em consideração as características específicas do edifício em estudo, o *Waaghaus*. A Tabela 5 mostra um exemplo dessa avaliação realizada por especialistas locais. É avaliado se a medida de *retrofit* é compatível (sim) ou não compatível (não) com o aspecto de conservação de determinado

¹⁴ CAO, D.; LEUNG, L. C.; LAW, J. S. Modifying inconsistent comparison matrix in analytic hierarchy process: a heuristic approach, *Decis. Support Syst.* 44(2008) 944–953, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2007.11.002>.

componente construtivo. A cada resposta positiva é considerado o peso estabelecido na etapa anterior e no final é realizado o somatório dos pesos atribuídos às respostas positivas. Dessa forma, para cada medida de *retrofit* energético é obtida uma pontuação final de conservação.

Tabela 5: Pontuação de conservação de cada medida de eficiência energética realizada por especialistas locais.

Componentes do edifício	Aspectos de conservação	Medidas de eficiência energética Espessura do isolamento (cm)	FEIF		FEIP		FIIF		FIIP		FNI
			10	20	10	20	3	10	3	10	
P	V	O aspecto de conservação do componente está preservado?	n	n	S	S	S	S	S	S	S
	F		n	n	S	S	S	S	S	S	S
	E		n	n	n	n	S	n	S	n	S
EX	V		n	n	S	S	S	S	S	S	S
	F		n	n	n	n	S	S	S	S	S
	E		n	n	n	n	S	S	S	S	S
IN	V		S	S	S	S	n	n	S	S	S
	F		S	S	S	S	n	n	n	n	S
	E		S	S	S	S	n	n	S	n	S
C	V		n	n	S	S	n	n	S	S	S
	F		n	n	n	n	n	n	S	S	S
	E		n	n	n	n	S	n	S	S	S
PI	V	S	S	S	S	n	n	S	S	S	
	F	S	S	S	S	n	n	n	n	S	
	E	S	S	S	S	n	n	S	n	S	
T	V	S	S	S	S	n	n	S	S	S	
	F	S	S	S	S	n	n	n	n	S	
	E	S	S	S	S	n	n	S	n	S	
Pontuação de Conservação			0.11	0.11	0.16	0.16	0.10	0.08	0.18	0.14	0.25

Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2017, tradução nossa)

Determinada a pontuação final de conservação, é realizada também a avaliação de necessidades energéticas de aquecimento e resfriamento, e de conforto térmico. Em seguida, é realizada a otimização multiobjetiva do desempenho energético, conforto térmico e conservação com o uso do algoritmo NSGA-II (DEB *et al.* 2002¹⁵, *apud* ROBERTI *et al.*, 2015, 2017) visando à otimização simultânea de tais objetivos. Foram consideradas nesta etapa as seguintes funções:

¹⁵ K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan, A fast and elitist multiobjective genetic algorithm, IEEE Trans. (2002) 182–197.

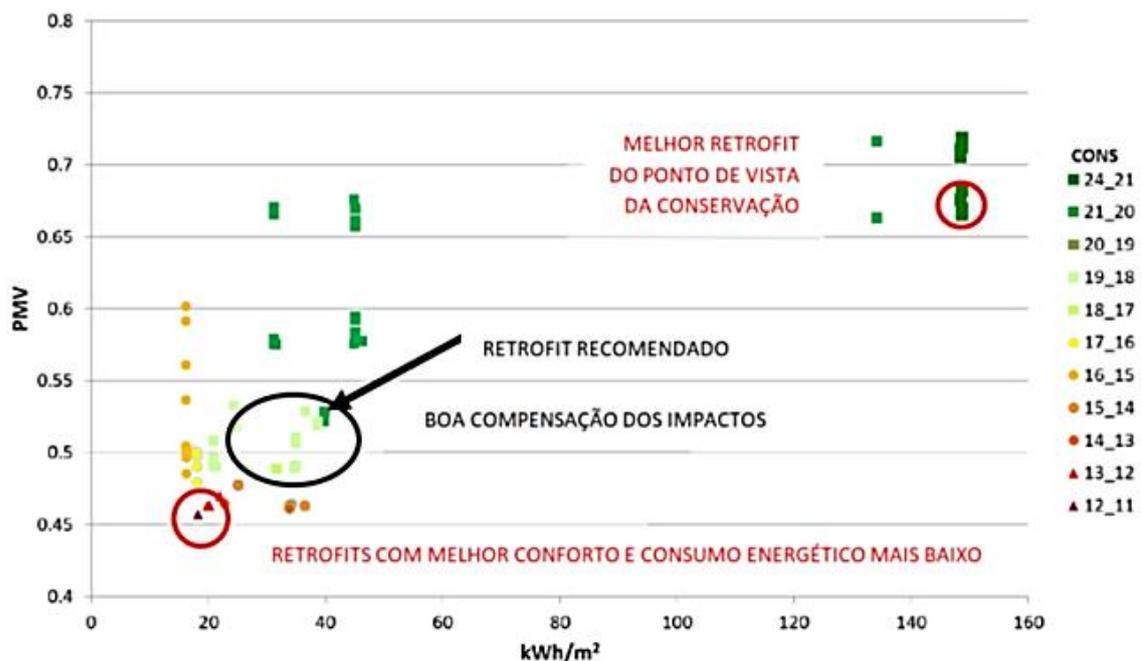
- “Carga de aquecimento e resfriamento ideal total e latente anual;
- Conforto, expresso como Voto Médio Estimado (*Predicted Mean Vote* – PMV) durante as horas de ocupação, em média em todas as zonas térmicas ponderadas pelo volume da zona; e
- Pontuação de conservação”.

A análise e discussão dos resultados proposta pelos autores foram baseadas na fronteira de Pareto (*Pareto front*). No trabalho de Roberti *et al.* (2017), foi parada a análise na 30ª geração:

Paramos na 30ª geração quando não foi encontrada alteração significativa da frente de Pareto, definida como uma melhoria de pelo menos 2 kWh/m² em aquecimento anual e carga de resfriamento, 0,01 em PMV absoluto médio ou 0,05 em compatibilidade de conservação. Estes valores representam: 5-10% da demanda de energia pós-retrofit; 5% de uma alteração no PMV em 0,2, que é o limite superior da categoria de ambiente térmico Classe A conforme ISO 7730: 2005; e 5% de 1, que é a compatibilidade máxima de conservação.

Na Figura 13 é apresentado um exemplo de resultados obtidos da avaliação das medidas de *retrofit* a partir da otimização multiobjetiva de desempenho energético, conforto e a conservação no estudo de Roberti *et al.* (2015).

Figura 13: Resultados da avaliação das medidas de *retrofit* a partir da otimização multiobjetiva até a 20ª geração.



Fonte: Adaptado de Roberti *et al.* (2015, tradução nossa)

De uma forma geral, pode ser observado que as melhores soluções de *retrofit* em edificações históricas considerando as três variáveis são aquelas que por um lado maximizam a pontuação de conservação e por outro lado minimizam os valores de consumo energético, expressos em KWh/m², e o PMV.

2.5. Considerações gerais

Nos últimos anos tem se intensificado as discussões sobre a aplicabilidade de estratégia de *retrofit* energético em edificações históricas, sendo possível notar o crescente número de grupos de pesquisa sobre a temática, em especial, na Europa, bem como a publicação da EN 16883 (2017). Pode-se observar a existência de poucos estudos no Brasil com o enfoque em eficiência energética em edificações históricas. Ainda é incipiente a discussão sobre o processo de escolha de estratégias de *retrofit* energético considerando a preservação dos valores de significação cultural no país.

A ausência de discussão teórica e análise crítica aprofundada das questões patrimoniais durante o processo de projeto, a ausência de diretrizes de projeto baseadas em um referencial metodológico, foram algumas críticas apresentadas por diferentes autores para o processo de projeto de intervenção em edificações históricas brasileiras. A dificuldade entre gerar entendimento na equipe multidisciplinar também foi citada, bem como a inclusão de projetistas de especialidades (projeto de climatização, por exemplo) na fase inicial de concepção do projeto. Além disso, foi destacada a importância da formação aprofundada e crítica do arquiteto na relação entre arquitetura e restauro. A complexidade do processo de projeto de intervenção, em conciliar as diferentes variáveis envolvidas, também foi apresentada.

A partir da compreensão dessa complexidade projetual em edificações históricas, pode-se enfatizar ainda mais a necessidade de criação de medidas para a sistematização e valorização do processo de projeto. O processo de escolha das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas estaria inserida na etapa de estudo preliminar do processo de projeto de intervenção, etapa caracterizada pela concepção do produto e tomada de decisão.

Quanto às ações de *retrofit* energético em bens edificados, estas podem ser consideradas como uma intervenção de adaptação, conforme definição na Carta de Burra, ou seja, ação de adequação do bem às suas novas funções possibilitadas desde que haja preservação dos atributos do patrimônio cultural. No cenário internacional, existem regulamentações específicas para tratar de *retrofit* energético em edificações históricas. No Brasil, não há um regulamento que oriente ou incentive as ações de *retrofit* energético quando se tratam de edifícios tombados ou de interesse cultural. Pelo contrário, a menção feita na IN – Nº 2 (BRASIL, 2014) é de excluir os edifícios públicos tombados da necessidade de

atender os requisitos de eficiência energética para obtenção da classificação de nível A, mas ressalva-se que não é permitido um desempenho inferior ao existente. A ausência de uma regulamentação específica mostra a necessidade de aprofundar as discussões sobre a prática de *retrofit* energético em edificações históricas no Brasil dada a importância do tema.

A preservação dos atributos do patrimônio cultural aplicada ao projeto de intervenção no patrimônio arquitetônico está relacionada, segundo o “Manual de projetos do Programa Monumenta” (BRASIL, 2005), na interferência mínima possível na autenticidade do bem compreendida em cinco dimensões: dos materiais, dos sistemas construtivos e suas peculiaridades; histórica; estética; e do espaço envolvente. Essas dimensões relacionam-se com os princípios de preservação consagrados pelas cartas patrimoniais, tais como de intervenção mínima, distinguibilidade, compatibilidade de técnica e materiais. Sendo considerado o documento de referência para o desenvolvimento de projetos de restauro no Brasil, o entendimento de preservação dos atributos do patrimônio cultural enquanto intervenção mínima nas várias dimensões de autenticidade citadas foi considerada nesta tese.

Os métodos de avaliação das estratégias de *retrofit* energético aplicada às edificações históricas apresentados indicam que é possível quantificar aspectos qualitativos como os atributos do patrimônio cultural a serem preservados relacionando com aspectos quantitativos de consumo energético e conforto térmico. Nota-se, a importância no processo de quantificação da significância patrimonial da opinião de especialistas experientes na área, tais como, autoridades em patrimônio, professores e arquitetos atuantes em restauração. A participação e o julgamento de uma equipe multidisciplinar são essenciais no processo analítico hierárquico. Observa-se também a importância de uma avaliação multiobjetiva para obtenção das melhores soluções de *retrofit* considerando o desempenho energético, o conforto e a preservação da edificação histórica. O produto final obtido é o estabelecimento de um *ranking* de compatibilidade das medidas de *retrofit* energético com os aspectos de conservação da edificação histórica.



3. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

A auditoria energética e a verificação do desempenho térmico de edificações são importantes ações para avaliar o estado real da edificação antes ou após a realização de intervenções que visem à eficiência energética e melhoria do conforto ambiental.

Vários aspectos que devem ser considerados para avaliação do comportamento energético dos edifícios históricos visando à redução do consumo energético e a garantia de conforto ambiental no interior do edifício, como por exemplo: sistemas elétricos, uso do edifício, valores patrimoniais, projeto arquitetônico, envoltória, sistemas de condicionamento térmico e uso de energias renováveis para suprir as demandas de energia individuais de cada edifício (SOUTULLO *et al.*, 2014).

A seguir, são apresentados métodos para o diagnóstico energético em edificações históricas, bem como considerações relativas ao procedimento de avaliação de eficiência energética conforme o RTQ-C (BRASIL, 2010a) no contexto de edificações existentes, em especial, em edifícios tombados pelo patrimônio histórico.

3.1. Métodos para avaliação de desempenho energético em edificações históricas

Vários fatores exercem influência no desempenho térmico em edificações históricas, sendo necessária, portanto, um procedimento de caracterização térmica que integre diferentes técnicas e métodos de levantamento de dados. As condições ambientais e climáticas existentes, características geométricas e construtivas, propriedades termofísicas e o estado de conservação da edificação devem ser investigados. Vários autores propuseram métodos para avaliação de desempenho da envoltória em edificações históricas que integram diferentes métodos e técnicas de aquisição e processamento de dados.

Domingo-Irigoyen *et al.* (2013), por exemplo, propõem um método de diagnóstico do real desempenho da envoltória em edificações tombadas para sua renovação/reabilitação composta por quatro etapas principais: (1) identificação das características históricas do edifício; (2) análise do desempenho da envoltória; (3) estabelecimento do diagnóstico da envoltória; (4) pré-avaliação das propostas de intervenção; conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Método de diagnóstico do real desempenho da envoltória em edificações tombadas por Domingo-Irigoyen *et al.* (2013).

1 Identificação das características históricas do edifício	
Edifício	Contexto histórico
Características	Valor histórico / arquitetônico Estado de conservação
2 Análise do desempenho da envoltória	
Clima	Estudo de dados meteorológicos e ambientais
Edifício	Documentação Inspeção visual Desenho de layout
Envelope opaco	Medição de espessura Inspeção termográfica Teste de termofluxometria Monitoramento (sensores T, RH, CO ₂) Ensaio de ultrassom
Pontes térmicas	Inspeção termográfica
Envelope transparente	Inspeção termográfica “Blowerdoor” teste + termografia
Infiltração	“Blowerdoor” teste + termografia
Conforto	Monitoramento (sensores T, RH, CO ₂) Pesquisas de satisfação
3 Estabelecimento do diagnóstico da envoltória	
Envelope opaco	
Pontes térmicas	Baixa / padrão / alta eficiência
Envelope transparente	Muito danificado / danificado / boa conservação
Infiltração	
4 Pré-avaliação das propostas de intervenção	
Nível de intervenção	Viabilidade Eficiência energética Custo-benefício Prioridade da intervenção

Fonte: Adaptado de Domingo-Irigoyen et al. (2013, tradução nossa).

Pode-se observar como etapa inicial a necessidade de identificação do contexto histórico da edificação, bem como da caracterização dos valores históricos/ arquitetônicos e estado de conservação. Na etapa de análise de desempenho da envoltória, observa-se que várias avaliações e ensaios são propostos visando caracterizar aspectos, tais como, a geometria do edifício, o clima local, o envelope opaco e transparente, a existência de infiltração de ar e pontes térmicas, e a percepção de conforto pelo usuário. Na sequência é estabelecido o diagnóstico da envoltória e, posteriormente, é realizada uma pré-avaliação das propostas de intervenção. Essas são avaliadas quanto à viabilidade, eficiência energética, custo-benefício e prioridade da intervenção.

Martin *et al.* (2014) utilizaram tanto as ferramentas SIG, como uma série de análises termográficas e ensaio termofluxométrico, de monitoramento higrotérmico, faturamento e de simulação de energia a fim de caracterizar o comportamento térmico do edifício histórico e, posteriormente, permitir a avaliação das estratégias de redução de consumo energético aplicáveis.

Franco *et al.* (2015, p. 154) realizaram a caracterização de aspectos ambientais, morfológicos e construtivos da edificação histórica “Albergo dei Poveri”, na Itália, visando avaliar o seu comportamento energético para proposição de estratégias para aprimoramento da eficiência energética. Os autores utilizaram um método para avaliação de desempenho energético já consolidada por outros pesquisadores (FERRETTI, BOTTERO, MONDINI, 2014¹⁶; DVORNIK PERHAVEC, REBOLJ, SUMAN, 2014¹⁷; ELSORADY, 2014¹⁸ *apud* FRANCO *et al.*, 2015), que consiste em quatro etapas:

1. Análise do local do estudo de caso: características ambientais, morfológicas e construtivas. Aquisição de dados e coleta (com recurso do SIG e tecnologia BIM) para realizar cálculo do seu comportamento energético e aprimoramento.
2. Modelagem de energia e validação do cálculo: auditoria energética e identificação da demanda de energia para seu uso futuro (no estado atual). Validação do modelo por meio de comparação com o consumo de energia real de uma pequena parte do complexo já restaurada e em uso.

¹⁶ V. Ferretti, M. Bottero, G. Mondini, Decision making and cultural heritage: An application of the Multi-Attribute Value Theory for the reuse of historical build-ings, *Journal of Cultural Heritage* (2014) (Available online 31 January 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2013.12.007>).

¹⁷ D. Dvornik Perhavec, D. Rebolj, N. Suman, Systematic approach for sustainable conservation, *Journal of Cultural Heritage* (2014) (Available online 17 February 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2014.01.004>).

¹⁸ D.A. Elsorady, Assessment of the compatibility of new uses for heritage buildings: the example of Alexandria National Museum, Alexandria, Egypt, *Journal of Cultural Heritage* (2014) (Available online 22 November 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2013.10.011>).

3. Gestão inteligente da arquitetura histórica pelo caminho da melhoria de desempenho energético: a identificação das tecnologias mais adequadas para o isolamento térmico, compatível com a salvaguarda dos valores históricos, e cálculo dos ganhos de energia. Este processo leva para definir diretrizes para possíveis intervenções futuras, destacando, desde estágios iniciais, os problemas reais ligados à viabilidade técnica.
4. Análise de soluções eficientes de geração de energia: a avaliação da possibilidade de instalar sistemas de co e tri-geração junto com outros movidos a partir de fontes renováveis; a exploração de sistemas integrados de produção de energia (eletricidade e calor) para o autoconsumo; e de integrar sistemas de rede.

Para aquisição de dados foram utilizados o recurso SIG e tecnologia BIM. Os autores apresentam que durante o processo de modelagem da edificação histórica para simulação muitas formas geométricas foram simplificadas e do ponto de vista estrutural as camadas que revestem o interior e exterior das paredes foram consideradas uniformes. Foram considerados, ainda, os diferentes pisos, no entanto, não foi possível realizar investigações de amostras para identificar o período da construção e alterações posteriores. Além disso, algumas saliências e protetores solares também não foram considerados no cálculo (FRANCO *et al.*, 2015). Observa-se, portanto, que no processo de modelagem e simulação energética de edificação histórica o uso muitos dados aproximados, seja pela dificuldade de considerar todos os detalhes geométricos da forma arquitetônica, seja pela ausência de informações sobre os componentes construtivos.

Nota-se nesse trabalho a importância da simulação energética para a avaliação da viabilidade técnica e para a definição de diretrizes para as futuras intervenções. No entanto, há de se notar que nesse processo de cálculo e simulação energética muitos dados são aproximados, seja pela dificuldade de considerar todos os detalhes geométricos da forma arquitetônica, seja pela ausência de informações sobre os componentes construtivos. Ressalta-se ainda, a dificuldade de considerar a existência de possíveis heterogeneidades dos materiais ou identificar se houve alterações ao longo do tempo nos elementos construtivos da edificação histórica.

Adhikari *et al.* (2011) apontam a necessidade de desenvolvimento de softwares de simulação termo energética voltados para edificações históricas. Os autores avaliaram as limitações e potencialidades de aplicação de softwares de simulação energética (Archisun, CASANOVA, CLACA) ao estudo de três edificações históricas entre os séculos XIV e XVI. Algumas das necessidades de melhoria no software identificadas pelos autores foram: gama maior de valores de transmitância térmica dos elementos de construção; necessidade de vocabulário adequado para edifícios históricos para evitar equívocos de interpretação; as vantagens obtidas pela inércia térmica da alvenaria grossa não parecem

quantificar adequadamente no processo de modelagem (dentro dos dados de entrada e, provavelmente, nos algoritmos de cálculo); e mais controle sobre os dados relacionados ao entorno possível com outros edifícios (situação bastante comum no centro histórico das cidades).

Sánchez Villa Nueva *et al.* (2014) propuseram o uso de um sistema integrado para a realização de inspeção e auditoria energética dos edifícios, o qual permite a inserção de dados da pesquisa edifício, a detecção e localização de pontes térmicas e a construção de modelos BIM semi-automaticamente. Dentre as vantagens de uso desse sistema destacadas pelos autores são: as medições globais em tempos altamente competitivos, minimização da subjetividade do operador na construção do modelo energético e o aumento da qualidade e confiabilidade de análise de energia subsequente.

Outras pesquisas apresentam método do uso da termografia para obtenção do modelo BIM por procedimentos mais automatizados visando à avaliação energética de edificações (GONZÁLEZ-AGUILERA *et al.*, 2013, LAGÜELA *et al.*, 2013). A redução do tempo e a precisão no processo de levantamento e processamento dos dados para obtenção do modelo BIM são vantagens de métodos mais automatizados. O uso de veículos aéreos não tripulados permite maior flexibilidade para a captura de imagens em certas regiões da edificação de difícil acesso.

Ressalta-se que tem sido cada vez mais recorrente o uso tecnologias digitais tais como, SIG, fotogrametria, termografia, escaneamento a laser para obtenção do modelo BIM da edificação histórica de forma mais automatizada visando à sua simulação de desempenho térmico e energético. No entanto, existem ainda limitações nesse processo que impedem a sua completa automação. É importante a realização de estudos e melhoria na integração de *Historic Building Information Modeling* - HBIM (GIANCOLA, HERAS, 2014, p.78).

3.2. Diagnóstico de desempenho energético em edificações existentes e os regulamentos brasileiros de eficiência energética

Algumas informações sobre os edifícios são necessárias para classificação do nível de eficiência energética de acordo com o RTQ-C (BRASIL, 2010a), em especial, características relativas à envoltória, o sistema de ar condicionado e de iluminação. A envoltória tem a função de fechamento do ambiente interno em relação ao ambiente externo e é composta por fachadas e pela cobertura, podendo ser de diversos tipos de materiais (elementos opacos ou transparentes), já os pisos e as paredes que estão em contato com o solo (ambientes no subsolo) não são considerados como parte da envoltória (BRASIL, 2010a).

Existe um conjunto de índices referentes às características físicas da edificação necessários para avaliação da envoltória. Para que se atinjam os níveis de eficiência esperados, a envoltória deve atender alguns pré-requisitos. Os níveis são denominados A, B, C e D, quanto mais elevado o nível pretendido, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. Para o cálculo do índice de consumo da envoltória é necessário:

- Área de projeção do edifício (m^2) – A_{pe} ;
- Área de projeção da cobertura (m^2) – A_{pcob} ;
- Área total de piso (m^2) – A_{tot} ;
- Área da envoltória (m^2) – A_{env} ;
- Volume total da edificação (m^3) – V_{tot} ;
- Ângulo vertical de sombreamento (graus) – AVS ;
- Ângulo horizontal de sombreamento (graus) – AHS ;
- Percentual de área de abertura na fachada total – PAF_T ;
- Percentual de área de Abertura na Fachada Oeste – PAF_o ;
- Percentual de Abertura Zenital – PAZ ;
- Indicador de consumo da envoltória para a Zona Bioclimática (adimensional) – IC_{env} . máxD.

Além disso, é necessário o conhecimento das propriedades físicas dos materiais e a composição dos componentes construtivos, a saber:

- Tipo do material
- Densidade (Kg/m^3)
- Espessura da camada (m)
- Condutividade térmica ($W/m.k$)
- Resistência térmica [$m^2. (°C/W)$]
- Transmitância Térmica da Cobertura (U_{cob})
- Transmitância Térmica das Paredes (U_{par})
- Absortância Solar da Cobertura (a_{cob})
- Capacidade Térmica das Paredes (CT_{par})
- Absortância Solar das Paredes (a_{par})
- Fator solar (FS).

Para cálculo do índice do sistema de iluminação é necessário saber:

- Tipo de iluminação
- Tipo de lâmpadas e reatores
- Potência/m²
- Quantitativo
- Localização
- Atividade/ Rotina de uso
- Contribuição ou não de luz natural
- Existência ou não de acionamento automático
- Existência ou não de divisão de circuitos

Para cálculo do índice do sistema de condicionamento de ar é preciso determinar:

- Tipo de sistema
- Modelo
- Potência/ 'Coefficient Of Performance' (COP)
- Quantitativo
- Localização
- Atividade/ Rotina de uso
- Possui isolamento ou não da tubulação de ar condicionado

Dessa forma, faz-se necessário o acesso a informações de projetos e documentos do edifício, realização de visitas *in situ* para inspeção visual e realização de medições diversas para avaliação do desempenho energético da edificação.

No RAC (BRASIL, 2010b) são descritos os itens da envoltória a serem inspecionados por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), bem como os instrumentos ou documentos necessários para verificação ou comprovação de atendimento ao especificado em projeto, conforme apresentado na Tabela 7. Ressalta-se que não são apresentados os níveis de tolerância ou detalhados todos os procedimentos de inspeção.

Tabela 7: Itens da envoltória a serem inspecionados *in situ*.

Item inspecionado	Instrumento ou documentação necessária para inspeção	
Orientação edificação	da	– Uso de bússola, equipamento eletrônico do tipo GPS (<i>Global Positioning System</i>) ou sensoriamento remoto.
Fechamentos revestimentos envoltória	e da	<p>Para materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fotografias dos materiais (datadas e devidamente localizadas em planta); e – Documentos fiscais dos materiais ou processos que comprovem a composição das paredes e coberturas durante a execução da obra. <p>Para isolantes térmicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fotografias da instalação dos isolantes datadas e localizadas em planta mostrando em quais superfícies foram aplicadas; e – Catálogo técnico do produto e/ou laudo técnico com a determinação da condutividade térmica, juntamente com o documento fiscal de aquisição dos isolantes térmicos. <p>Para edificações construídas (caso não existam provas referente aos materiais utilizados na envoltória):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Notas fiscais de compra e/ou de laudo técnico do responsável técnico pela investigação da parede, com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), explanando detalhadamente sobre os materiais e camadas aplicados na construção da envoltória.
AVS e AHS		– Uso de trena manual ou eletrônica (calibrada por um laboratório acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação - Cgcre) para medição destes ângulos no local (AVS e AHS)
Absortância à radiação solar envoltória	à da	– Para as superfícies opacas o valor da absortância é obtido matematicamente através da refletância à radiação solar da mesma superfície (a soma da absortância com a refletância é igual a um). As medições das refletâncias podem ser realizadas <i>in situ</i> ou em laboratório, por meio de um espectrômetro ou espectrofotômetro (calibrado por um laboratório acreditado pela Cgcre).
Componentes transparentes		<ul style="list-style-type: none"> – Conferência da área das aberturas envidraçadas; e – Laudo do fabricante ou do responsável técnico pela avaliação do produto contendo as suas especificações técnicas incluindo o fator solar da superfície, juntamente com o documento fiscal de sua aquisição; ou – Verificação pela OIA da espessura do vidro e utilizar o Fator solar apresentado na tabela do Anexo Geral VI (Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros, disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/Edificacoes.asp), de acordo com o tipo de vidro.

Fonte: Adaptado de RAC (BRASIL, 2010b).

Quanto à envoltória translúcida, de acordo com o RAC (BRASIL, 2010b), na ausência de laudo do fabricante ou de informações técnicas sobre os componentes transparentes, deve-se medir a espessura do material e considerar o fator solar relativo ao tipo de vidro apresentado em seu Anexo geral VI. Assim, a determinação do fator solar é estimada na ausência de documento comprobatório de sua fabricação.

As duas principais propriedades térmicas apresentadas para avaliação do desempenho da envoltória opaca são a absortância e a transmitância térmica. A transmitância térmica é definida como “transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou

componente construtivo [...], incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes” (BRASIL, 2010a, p.11. Já absorvância térmica é “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (ABNT, 2005, p.3), ou seja, refere-se à capacidade de absorção da radiação solar quando há incidência sobre uma superfície.

Para a obtenção da absorvância térmica, tanto o espectrômetro como o espectrofotômetro são equipamentos recomendados para esse fim (BRASIL, 2010b) e o procedimento de medição é não destrutivo, visto que o equipamento fica apenas em contato com a superfície do material a ser avaliado. Alguns estudos apresentam o uso do espectrômetro como uma alternativa economicamente mais viável do que o uso do espectrofotômetro, o qual possui um custo mais elevado de aquisição, para a obtenção de absorvância térmica dos elementos opacos do edifício.

No Brasil, a NBR 15220 (ABNT, 2005) trata da obtenção da condutividade e transmitância térmica de elementos e componentes construtivos seja a partir de cálculos, onde é necessário o conhecimento prévio dos materiais, camadas e de suas propriedades, ou de processos de medição em laboratório com corpos-de-prova.

A segunda parte da NBR 15220 (ABNT, 2005) trata dos métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. No entanto, para o cálculo da transmitância térmica, é necessário o conhecimento do valor da resistência térmica e espessura das camadas constituintes dos componentes construtivos.

Já a parte 4 da NBR 15220 (ABNT, 2005) aborda a medição resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. A determinação da condutividade térmica por este método está relacionada com a medição do gradiente de temperatura médio estabelecido sobre o corpo-de-prova, a partir de certo fluxo de calor e em condições de regime permanente.

Por fim, a parte 5 da NBR 15220 (ABNT, 2005) refere-se à medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método do fluxímetro. O procedimento de medição se dá geralmente por uma placa aquecedora, um ou dois fluxímetros, um ou dois corpos-de-prova e uma placa de resfriamento realizado em laboratório.

Em relação à obtenção da transmitância térmica, quando não há documentos com as especificações técnicas de materiais e camadas constituintes, a retirada de amostras para investigação pelo responsável técnico para elaboração do laudo técnico não é recomendado no caso de edificações tombadas. Quando as restrições de intervenção patrimoniais são aplicáveis à edificação, é necessário o uso preferencial de técnicas não destrutivas para avaliação de desempenho energético, uma vez que

uma das orientações é de intervenção mínima visando à preservação das características originais do artefato arquitetônico. Por isso, a seguir são abordados os principais métodos para avaliação do desempenho térmico da envoltória opaca, em especial, quanto à obtenção da transmitância térmica visando identificar o método mais viável.

3.3. Avaliação de desempenho térmico da envoltória em edificações históricas *in situ*

Dentro do processo de avaliação de desempenho energético de uma edificação histórica, avaliação de desempenho térmico da envoltória é fundamental para o planejamento e proposição de estratégia de *retrofit* que visem à melhoria do desempenho energético. A seguir, são apresentadas as técnicas e métodos existentes para avaliação de desempenho térmico em edificações históricas, no intuito de identificar suas limitações e potencialidades.

O desempenho térmico dos elementos construtivos de uma edificação é comumente expresso pelo valor de transmitância térmica (U), que pode ser estimado de diferentes formas variando o nível de precisão do resultado. As propostas atuais de determinação dos valores de U em fachadas de edificações existentes são baseadas em procedimentos baseados na classificação de edifícios por tipologias ou por análise histórica; em dados de projeto; e em métodos experimentais, tais como, termografia infravermelha quantitativa, medição de fluxo de calor, em endoscópios e métodos de amostragem (GASPAR, CASALS, GANGOLELLS, 2016, p.593). Na Tabela 8 são apresentadas as vantagens e desvantagens de cada um dos procedimentos para obtenção de valores U.

Para o cálculo do valor de U teórico baseado na ISO 6946 (2007) é necessário o conhecimento correto das espessuras de cada elemento construtivo e suas camadas constituintes, bem como das especificações de seus materiais e relativas propriedades térmicas. É comum em edificações históricas a ausência de memorial descritivo ou registros documentais prévios sobre os constituintes construtivos de paredes e coberturas, bem como muitas vezes não é possível a retirada de amostras da envoltória para análise de seus materiais constituintes, em especial, no caso de edificações tombadas, o que impossibilita a realização do cálculo (ALFONSO, AMORIM, 2012). Quando as restrições de intervenção patrimoniais são aplicáveis à edificação, é necessário o uso de técnicas não destrutivas para avaliação de desempenho térmico e energético, uma vez que uma das orientações é de intervenção mínima visando à preservação das características originais do artefato arquitetônico.

Tabela 8: Principais métodos para determinação da transmitância térmica (U) em elementos opacos em edificações históricas.

Métodos/ procedimentos	Vantagens	Desvantagens
Procedimentos baseados na classificação de edifícios por tipologias ou por análise histórica	Método não destrutivo, baseado em edificações similares.	Baseado em estudos de natureza genérica, contemplando todas as edificações existentes. Valores de referências imprecisos das propriedades térmicas dos materiais e dos constituintes do elemento construtivo (GASPAR, CASALS, GANGOLELLS, 2016).
Procedimentos baseados em dados de projeto	Método não destrutivo.	Nem sempre estão disponíveis as especificações técnicas dos materiais utilizados na construção. Dados de projeto muitas vezes incompletos e pouco precisos (FICCO <i>et al</i> , 2015)
Métodos de amostragem de núcleo e endoscópico	Permite a estimativa mais precisa da estratigrafia dos componentes construtivos, bem como das propriedades térmicas e características físicas de seus materiais constituintes.	Método destrutivo. É necessária a realização de procedimentos destrutivos, tais como, análise endoscópica.
Método de medição de fluxo de calor	Método não destrutivo. As medições envolvem questões operacionais e de cálculo bastante simples (FICCO <i>et al</i> , 2015)	Medição pontual da transmitância térmica (GASPAR, CASALS, GANGOLELLS, 2016). Tempo de duração extenso e incertezas não desprezíveis de medição (FICCO <i>et al.</i> , 2015) Valores imprecisos de transmitância térmica.
Método de termografia por infravermelho	Método não destrutivo e de sem necessidade de contato (KYLILI <i>et al.</i> , 2014). Medição da transmitância térmica de toda a fachada em um curto espaço de tempo (GASPAR, CASALS, GANGOLELLS, 2016)	Sensível a condição ambiental (LITTI <i>et al.</i> , 2015, RASOOLI, ITARD, FERREIRA, 2016) A análise de dados é feita por modelos de estado estacionário (RASOOLI, ITARD, FERREIRA, 2016) Necessidade de completa evacuação do edifício (RASOOLI, ITARD, FERREIRA, 2016)

Fonte: A autora.

Diferentemente dos elementos de construção moderno, onde os valores de U podem ser determinados pelo conhecimento da série de camadas constituintes, normalmente discretas e de único material, e de suas respectivas condutividades térmicas, a exata constituição dos elementos construtivos em edificações históricas é de difícil determinação seja por sua composição heterogênea, seja pelo desconhecimento de um material ou a sua quantidade (RYE, SCOTT, 2012, p.6-7). Um levantamento das características da edificação e uma investigação pormenorizada composta por inspeção visual; investigação documental de aspectos históricos, construtivos e arquitetônicos; realização de ensaios *in situ* e/ou laboratoriais são necessários para o entendimento e a determinação precisa dos constituintes construtivos da envoltória.

O uso de técnicas não destrutivas (*Nondestructive Testing* - NDT), tais como, ultrassom, termografia infravermelha (*Infrared Thermography* - IRT) e radar, são úteis para a avaliação e diagnóstico da envoltória, mas a maioria são análises qualitativas e possuem um limite de profundidade de análise. Em construções com paredes espessas, como em edifícios antigos, o alcance de profundidade dessas

técnicas não é suficiente para analisar o núcleo delas. Para estimar com mais precisão a composição e a espessura dos constituintes da envoltória é necessário utilizar técnicas invasivas, tais como, análise endoscópica e amostragem de núcleo (DOMINGO-IRIGOYEN *et al.*, 2013). Após obtenção das espessuras das camadas e propriedades térmicas de seus materiais a partir da análise das amostras, é feito o cálculo baseado na ISO 6946 (2007).

Diante da falta de conhecimento sobre a exata constituição dos elementos construtivos em edificações históricas e/ou de dados técnicos sobre seus materiais, e impossibilidade de uso de técnicas destrutivas, seja por restrições de preservação patrimonial, seja por não autorização do proprietário da edificação, a obtenção dos valores de U pelo cálculo torna-se inviável. Dessa forma, a medição *in situ* das propriedades térmicas apresenta-se como o mais recomendado para a obtenção dos valores de U. Além disso, “do ponto de vista científico, em relação aos valores U e R, as medições geralmente são preferidas aos cálculos, porque fornecem informações mais realistas e precisas necessárias para a previsão do uso de energia nos edifícios” (RASOOLI *et al.*, 2016, p.53, tradução nossa). As duas técnicas comumente utilizadas para obtenção de valores de U *in situ* são o uso de IRT e sensores do fluxo de calor.

Podem ser listadas várias aplicações da IRT na avaliação e diagnóstico de edificações existentes (KYLILI *et al.*, 2014, p. 335):

[...] tais como a avaliação das características térmicas da envoltória do edifício, a detecção de áreas de pontes térmicas ou perda excessiva de calor, vazamentos de ar, isolamento térmico ausente ou danificado nos elementos do edifício, fontes de umidade, localização dos componentes do edifício, bem como o monitoramento para a preservação de edifícios e monumentos históricos.

A detecção qualitativa de irregularidades térmicas na envoltória de edificações pelo método infravermelho é regulada pela ISO 6781 (1983).

O uso do IRT para a obtenção dos valores de U tem como principal vantagem a realização de medições em curto período de 3 a 4 horas, em condições estáveis climáticas, no entanto, esse período pode não ser suficiente para avaliar construções com alta massa térmica (RASOOLI *et al.*, 2016). O método, portanto, é indicado para construções leves e condições climáticas de medições estáveis, tendo ainda como obstáculo a necessidade de completa evacuação do edifício (RASOOLI *et al.*, 2016). Quanto à precisão, o método de IRT é inferior aos métodos de contato (KYLILI *et al.*, 2014). Devido à imprecisão dos valores obtidos, a IRT é utilizada comumente como análise qualitativa para identificação de regiões mais adequadas para realização das medições com o uso de sensores de fluxo de calor baseado na ISO 9869 (2014).

Pesquisas demonstram diferenças significativas entre valores de U de elementos opacos obtidos por medição *in situ* baseados na ISO 9869 (2014) e os obtidos por cálculo ou simulação em edificações históricas. De acordo com Rhee-Duverne e Baker (2013), no caso de edificações tradicionais o software para cálculo do valor de U utilizado pode superestimar em até 40% o uso de energia. Baker, Caledonian e Scotland (2011) observaram que 44% das paredes medidas na sua pesquisa apresentaram valores de U inferior ao calculado ou simulado. Rye e Scott (2012) ao compararem os valores de U medidos *in situ* e os calculados em software, observou uma superestimação dos valores do U calculado do que os medidos *in situ* em 77% dos casos analisados de paredes tradicionais. Litti *et al.* (2015) observam que os estudos sobre alvenaria em edifícios históricos ressaltam essa superestimação dos valores de U calculado em software com os valores de diagnóstico experimentais, bem como a subestimação do desempenho térmico dessas alvenarias dentro das diretrizes atuais como EST ou CISBE3. Walker e Pavía (2015) ressaltam que essa variabilidade dos valores medidos de U é notória, bem como as incertezas do desempenho térmico em edificações históricas, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento de pesquisas nessa área, bem como de técnicas adequadas de *retrofit*.

Essas discrepâncias entre os resultados dos valores de U medidos *in situ* e os calculados/simulados está associada à carência de dados corretos dos materiais constituintes em edificações tradicionais (RYE, SCOTT, 2012; BROWNE, 2012). As mais comuns ferramentas de cálculo de consumo energético em edificações:

[...] não contêm informações suficientes sobre as propriedades e termos técnicos dos elementos históricos e sua interação. Como resultado, essas ferramentas de cálculo têm pouca flexibilidade para a aplicação em edifícios históricos, e sua modelagem não é confiável, além de ajustar as entradas adequadamente para obter resultados próximos aos dados experimentais (ADHIKARI *et al.*, 2011, p. 515, tradução nossa).

No caso das divisórias opacas de edificações existentes, as causas geralmente relatadas dessas discrepâncias relacionam-se à falta de conhecimento sobre (LITTI *et al.* 2015, p. 394): “ (a) componentes heterogêneos ou descontinuidades geométricas internas (por exemplo, materiais de decaimento, fissuras); (b) estratigrafia de materiais exatas, percentuais de argamassa, consistência eventual de cavidades preenchidas; (c) efeito dinâmico da distribuição da umidade em alvenaria ou parte dela”.

Devido à complexidade de sua heterogeneidade tecnológica e efeitos de deterioração presente em edificações históricas, são necessárias investigações instrumentais mais precisas da medição e cálculo do valor U nessas edificações do que nas referentes a edifícios contemporâneos (LITTI *et al.* 2015). Ressalta-se a importância da análise da umidade para proposição de qualquer estratégia de *retrofit* ou intervenção devida sua influência no desempenho térmico, o que podem anular a eficácia de propostas

de isolamento térmico, por exemplo (LITTI *et al.* 2015). Além de considerar a presença ou não de umidade na análise dos elementos construtivos em edificações históricas, é necessário considerar a presença de manifestações patológicas para a avaliação de desempenho térmico. O estado de conservação da edificação influencia nas propriedades de seus materiais (CÓIAS, 2009), sendo necessária a avaliação do estado físico e de conservação do edifício investigado para o estabelecimento de estratégias de *retrofit* (BAIANI, 2014).

Diferentemente dos valores de U de referência obtidos em laboratório, onde muitas variáveis podem ser controladas, os valores de U medidos *in situ* são influenciados, por exemplo, pelas condições climáticas reais que a edificação está exposta. Os condicionantes ambientais externos exercem influência sobre a temperatura superficial e o fluxo de calor dos elementos construtivos. Na ISO 9869 (2014) é previsto correção com base estatística para esses efeitos dinâmicos. No entanto, para realizar essas correções é necessário o conhecimento das propriedades termo físicas dos elementos construtivos. Outro aspecto a ser pontuado na norma é o período de medição exigido na norma de no mínimo 72 horas para componentes pesados. Elementos construtivos mais pesados e climas mais instáveis exigem maior tempo para estabilização do fluxo de calor e do gradiente da temperatura, e, portanto, exigem períodos maiores de medição (RASOOLI, ITARD, FERREIRA, 2016).

Rasooli, Itard e Ferreira (2016) apontam que os períodos muito extensos de medição desestimulam o uso do método da ISO 9869 (2014), bem como aumentam o número de flutuações climáticas a serem incluídas nos resultados e, conseqüentemente, o erro de probabilidade. Os autores propõem um novo método de medição *in situ* baseado em “método totalmente transitório, o método de excitação por pulso (EPM), pelo qual são necessárias apenas algumas horas de medições.” Esse novo método que prevê o uso de dois termofluxímetros (um externo e outro interno) e escudo protetor (caixa) que envolve o equipamento para minimizar os efeitos dos condicionantes ambientais externos visando a redução do tempo de medição previsto pelo método da norma ISO 9869 (2014). A partir da aplicação do novo método em três paredes, foi possível obter valores de resistência em tempo inferior a duas horas. Os resultados obtidos a partir do método proposto pelos autores apresentaram boa correspondência com os resultados obtidos pelo método ISO 9869 (2014).

Observa-se a importância da medição *in situ* dos valores de U para obtenção do desempenho térmico real da edificação, bem como da realização de estudos que visem melhorar os procedimentos relativos à precisão do resultado e a aplicabilidade do método (tempo de execução, custo, facilidade de operação) para que seja utilizada e disseminada amplamente. Os valores medidos *in situ* podem servir de referência para calibrar o modelo de simulação de avaliação energética em softwares específicos.

3.4. Considerações gerais

Uma abordagem de diferentes métodos qualitativos e quantitativos é proposta para avaliação de desempenho térmico, tais como, análise de documentos da edificação, levantamento geométrico, estudo de dados climáticos, inspeção termográfica e ensaio com termofluxímetros. A partir da caracterização da edificação e do monitoramento das propriedades térmicas da envoltória *in situ*, será possível realizar uma avaliação de desempenho térmico condizente com o estado real da edificação que poderá servir de subsídios para o desenvolvimento de propostas de intervenção com enfoque na redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental.

Ressalta-se, portanto, a importância de uma caracterização adequada da edificação que vise identificar as particularidades de cada caso. Observa-se, no entanto, que nem sempre são disponíveis ou, até mesmo são confiáveis, as informações sobre os detalhes construtivos, os materiais empregados ou do estado de preservação e conservação da edificação histórica. Nesse sentido, é necessário o levantamento das características da edificação que pode ocorrer através de realização de inspeção visual, de ensaios *in situ* ou ensaios laboratoriais e investigação documental de aspectos históricos, arquitetônicos e construtivos.

Vários fatores conferem complexidade à caracterização térmica em edificações históricas, tais como, o seu estado de conservação, suas características construtivas, a dificuldade de determinação de seus constituintes dos componentes construtivos da envoltória e a impossibilidade muitas vezes de realizar ensaios destrutivos para sua determinação. Nesse sentido, o uso de técnicas e métodos menos invasivos que visem à avaliação *in situ* dos diversos aspectos que influenciam nas propriedades térmicas é necessário.

A complexidade e dificuldades da avaliação de desempenho térmico de edificações históricas estão relacionadas a fatores como o desconhecimento da estratigrafia dos componentes construtivos, a heterogeneidade dos materiais tradicionais e a distribuição de umidade do elemento construtivo, presença de manifestações patológicas e efeito dos condicionantes climáticos. A ausência desses dados sobre a construção, bem como o uso de informações técnicas aproximadas (dados de referência disponíveis imprecisos) têm contribuído para a obtenção de valores de U calculados discrepantes com os medidos *in situ* em edificações históricas, o que evidencia a importância da realização da medição *in situ* para avaliação de desempenho térmico real da edificação histórica.

O desenvolvimento de um método que integre diferentes procedimentos e técnicas de inspeção para caracterização térmica da envoltória a partir de métodos não invasivos e sistemas mais automatizados de obtenção e processamento de dados apresenta-se como perspectiva para uma avaliação de

desempenho térmico mais completa, precisa e fidedigna com o estado real da edificação histórica. Essa qualidade e confiabilidade maior da avaliação de desempenho são importantes para a proposição de estratégias de *retrofit* energético que sejam compatíveis com a estrutura física da edificação histórica e que sejam condizentes com os princípios de preservação patrimoniais.

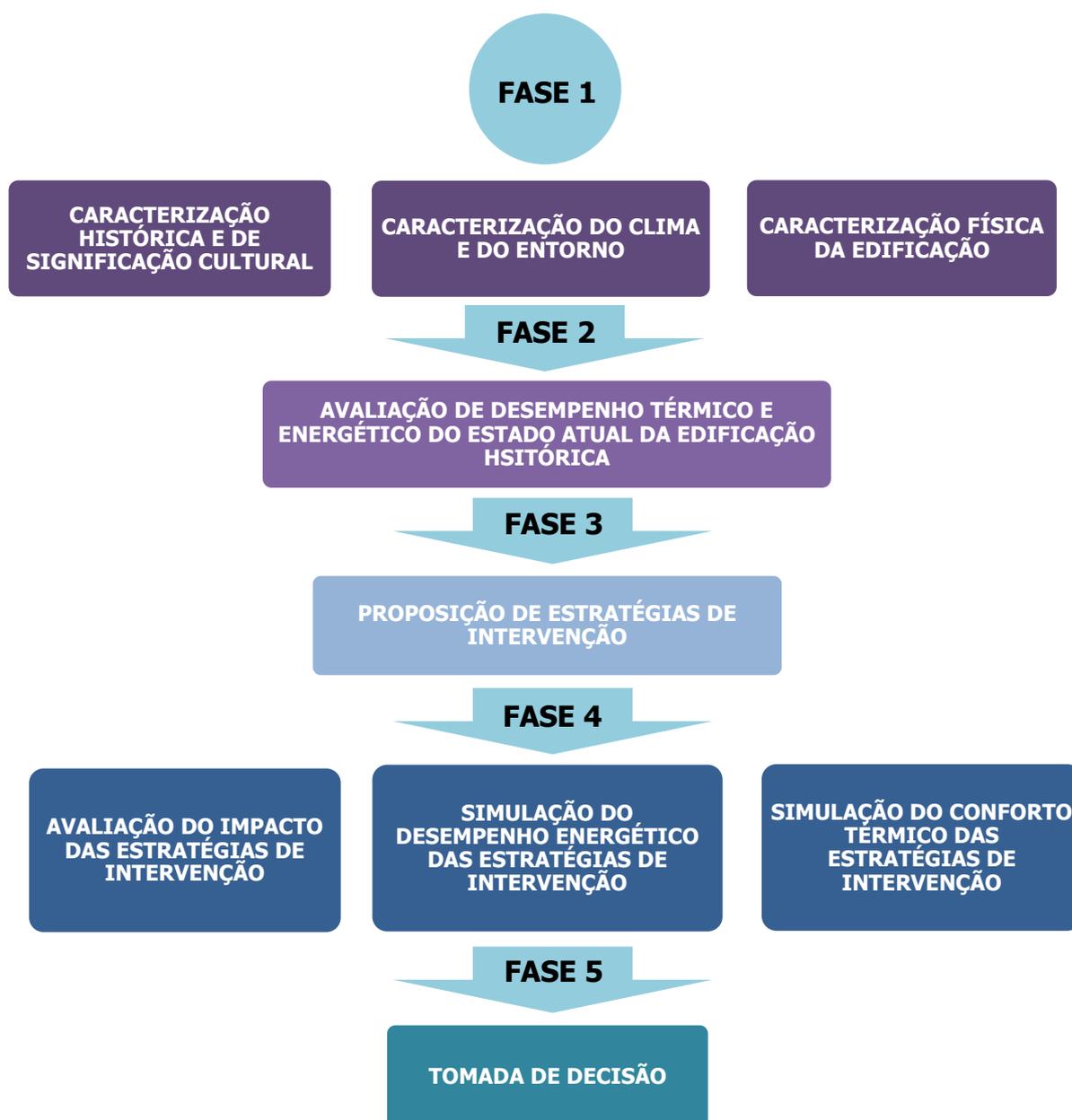
PARTE II

APRESENTAÇÃO DO MÉTODO E
PROCEDIMENTOS PARA SUA
AVALIAÇÃO

4. APRESENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO E PROCEDIMENTOS PARA SUA AVALIAÇÃO

O método para avaliação das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas foi concebido em cinco fases principais, conforme ilustrado na Figura 14. A descrição de cada fase é apresentada nos tópicos seguintes. Antes dessa descrição, são apresentadas as principais referências utilizadas para concepção do método e, ao final, são apresentados os estudos de caso para avaliação da aplicabilidade do método.

Figura 14: Fases do método para avaliação das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras.



Fonte: A autora.

4.1. Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto

A pesquisa de revisão da literatura nacional e internacional abordou sobre o *retrofit* energético e avaliação de desempenho energético em edificações históricas. Do referencial teórico e metodológico apresentado na tese, são destacadas as principais referências utilizadas para o desenvolvimento do método proposto na Tabela 9. A maioria dessas referências aparece ao longo da descrição das fases do método nas seções seguintes.

Tabela 9: Principais referências utilizadas para fundamentação do método proposto.

Método/fase	Descrição	Referências
Fase 1 - Caracterização histórica e de significação cultural; do clima e do entorno; e física da edificação	Diagnóstico energético da edificação	RTQ-C (2010a) RAC (BRASIL, 2010b)
	Exemplos de levantamento de dados do edifício, em especial, sistema de iluminação, condicionamento de ar.	Nicoletti (2009)
	Método para medição <i>in situ</i> com espectrômetro de componentes construtivos opacos para obtenção da absorvância térmica	Dornelles e Roriz (2007)
	Método de medição <i>in situ</i> de componentes construtivos para obtenção da transmitância térmica	ISO 9869 (2014)
Fase 2 - Avaliação de desempenho térmico e energético do estado atual da edificação	Regras para simulação computacional de desempenho energético de edificações	RTQ-C (2010a)
	Etapas para simulação computacional de desempenho energético de edificações utilizando o <i>DesignBuilder</i>	Guimarães (2017) Nicoletti (2009)
Fase 3 - Proposição de estratégias de <i>retrofit</i> energético para envoltória	Semelhança com a proposição de algumas estratégias de intervenção para arquitetura moderna.	Nicoletti (2009) Grillo (2005)
Fase 4 - Avaliação das estratégias de intervenção: impacto na preservação dos atributos do patrimônio cultural; desempenho energético; e conforto térmico	Semelhança no uso de ferramentas quantitativas no processo de obtenção da Pontuação de Preservação	Roberti <i>et al.</i> (2015, 2017)
	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	Saaty (1990)
	Semelhança ao propor o uso de sistema de análise para os valores de significância	Ericksson <i>et al.</i> (2014)
	Conceitos de autenticidades apresentado “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural”, desenvolvido pelo Instituto do Programa Monumenta, utilizados para análise dos valores de significância proposta na tese.	Brasil (2005)
Fase 5 - Tomada de decisão	Semelhança nas variáveis a terem seus resultados balanceados.	Roberti <i>et al.</i> (2015, 2017)

Fonte: A autora.

4.2. Fases do método proposto para avaliação das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras

O método para avaliação das estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas foi concebido em cinco fases principais apresentadas a seguir, a saber: (1) caracterização histórica e de significação cultural, do clima e do entorno, e física da edificação; (2) avaliação de desempenho térmico e energético do estado atual da edificação; (3) proposição de estratégias de retrofit energético; (4) avaliação das estratégias de intervenção – impacto na preservação dos atributos do patrimônio cultural, desempenho energético, e conforto térmico; e (5) tomada de decisão.

4.2.1. Fase 1 – Caracterização histórica e de significação cultural; do clima e do entorno; e física da edificação

A Fase 1 constitui-se em análise das características ambientais, morfológicas, construtivas, de consumo energético, de aspectos históricos e de significação cultural das edificações históricas. Nesse sentido, foi realizada a aquisição e levantamento de dados sobre tais aspectos.

4.2.1.1. Caracterização histórica e de significação cultural

A caracterização histórica e de sua significação cultural é realizada a partir da análise documental em arquivos do Iphan, em livros e em outras fontes documentais disponíveis que tratam sobre os bens analisados.

Nesta etapa, procura-se identificar o autor do projeto, ano de construção, contexto histórico da época da construção, a existência de projeto original, de projeto de reformas, de memorial descritivo, de registros fotográficos, a fim de estabelecer o processo de concepção, projeto, construção, transformações, uso e ocupação do bem tombado ao longo do tempo.

Como se tratam de bens tombados individualmente ou em conjunto arquitetônico, foram analisados os inventários de tombamento para identificação da valoração respectiva. Não se pretende, portanto, investigar a relação de significância cultural atual, mas apenas identificar os valores que foram considerados durante o seu processo de tombamento.

4.2.1.2. Caracterização do clima e do entorno

É realizada a caracterização do clima da cidade para estudo das principais variáveis climáticas que influenciam no conforto térmico do usuário. Nesta etapa é identificada a zona bioclimática, bem como as estratégias gerais recomendadas para melhoria do conforto térmico. São analisados os dados

meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET de 2016, em especial: a temperatura (°C); radiação global horizontal (Wh/m²); direção e velocidade dos ventos (m/s) e umidade relativa (%).

A caracterização do entorno imediato das edificações históricas analisadas visa identificar elementos construídos (edifícios, muros, etc) ou naturais (topografia, vegetação, etc) existentes que possam interferir no desempenho ambiental da edificação. Nesse sentido, identificam-se nas proximidades a existência de edificações, vegetação, topografia, mobiliários ou equipamentos urbanos.

4.2.1.3. Caracterização da edificação histórica

São realizadas visitas *in situ* para a caracterização do bem tombado onde se realizam entrevistas não estruturadas com os usuários, registro fotográfico, levantamento dimensional da arquitetura e inspeção visual do estado de preservação e conservação. Além disso, levantam-se determinados aspectos construtivos e relativos ao consumo energético para avaliação de desempenho energético da edificação histórica do seu estado atual.

Nesse intuito, realiza-se a caracterização da envoltória, dos ambientes internos, dos equipamentos elétricos e eletrônicos, do sistema de iluminação artificial, do sistema de condicionamento de ar, quando este for existente, e do consumo energético mensal. Na Tabela 10, estão descritos os itens a serem observados para cada uma dessas caracterizações, bem como os respectivos métodos para obtenção de dados. Para facilitar o levantamento dos dados durante as visitas *in situ*, utilizam-se os formulários apresentados no Apêndice A e Apêndice B.

Tabela 10: Itens a serem observados e levantados na Fase 1.

Etapa	Itens a serem observados	Método
Caracterização histórica e de significação cultural	<ul style="list-style-type: none"> – Autor do projeto – Ano de construção – Contexto histórico da época da construção – Projeto original – Projeto de reformas/ ou acréscimos – Memorial descritivo – Registros fotográficos ou iconográficos – Parecer do valor de significância cultural emitido pelo Iphan no respectivo processo de tombamento 	Análise de documentos existentes sobre o bem tombado.

Etapa	Itens a serem observados	Método
Caracterização do clima	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura do ar (°C) - Radiação solar (Wh/m²) - Direção e velocidade dos ventos (m/s) - Umidade relativa do ar (%) - Latitude - Altitude - Zona Bioclimática 	Análise dos dados meteorológicos disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET do município.
Caracterização do entorno	Elementos construídos ou existentes próximos à edificação <ul style="list-style-type: none"> - Edificações - Árvores - Mobiliários urbanos - Equipamentos urbanos - Topografia 	Identificação e locação de elementos construídos ou existentes próximos à edificação a partir de levantamento <i>in situ</i> .
Caracterização da edificação	Geral <ul style="list-style-type: none"> - Forma/ volume - Pavimentos (quantidade e tipos) - Estado de preservação: alterações/ reformas/ acréscimo - Estado de conservação: degradação física - Orientação solar da edificação 	Análise documental (projetos). Durante visita <i>in situ</i> : <ul style="list-style-type: none"> - Levantamento dimensional - Levantamento de alterações frente ao projeto <u>original</u>? - Inspeção visual - Registro fotográfico - Uso de bússola, equipamento eletrônico do tipo GPS ou sensoriamento remoto.
	Envoltória opaca <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de cobertura - Tipo de fechamento externo verticais - Elementos de sombreamento (brises) 	Detalhamento dos componentes opacos: <ul style="list-style-type: none"> - Levantamento dos materiais constituintes a partir de dados históricos, inspeção visual, registros fotográficos datados. - Levantamento das dimensões, espessuras e camadas constituintes com o uso de trena. - Na ausência de documentos que comprovem a composição das paredes e coberturas, emissão de técnico detalhado do responsável técnico pela investigação dos componentes construtivos (materiais e camadas). - Catálogo técnico do produto e/ou laudo técnico com a determinação da condutividade térmica. - Obtenção do valor da absorvância através da refletância à radiação solar da mesma superfície. As medições das refletâncias podem ser realizadas <i>in situ</i>, por meio de um espectrômetro ou espectrofotômetro. - Uso de trena manual ou eletrônica para medição dos ângulos de sombreamento vertical e horizontal (AVS e AHS).

Etapa	Itens a serem observados	Método
	Envoltória translúcida <ul style="list-style-type: none"> - Aberturas 	Detalhamento dos componentes transparentes: <ul style="list-style-type: none"> - Identificação do material. - Medição da espessura. - Levantamento do percentual de área dos componentes transparentes. - Levantamento documental ou medição do fator solar dos vidros.
	Ambientes internos <ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de pessoas/ m² - Dimensões (largura, comprimento, altura) dos ambientes - Lajes entre pavimentos (material, espessura) - Divisórias verticais internas (material, espessura, locação) - Mobiliário - Rotina de ocupação 	Análise documental (projetos). Durante visita <i>in situ</i> : <ul style="list-style-type: none"> - Levantamento dimensional - Inspeção visual - Registro fotográfico - Entrevistas não estruturadas aos usuários
	Equipamentos elétricos e eletrônicos <ul style="list-style-type: none"> - Tipo - Potência - Quantitativo - Locação - Rotina de uso 	Levantamento das cargas (potência instalada), seus padrões de uso e demais características a partir de visitas ao edifício e entrevistas não estruturadas aos usuários.
	Sistema de iluminação artificial <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de iluminação - Tipo de lâmpadas e reatores - Potência/m² - Quantitativo - Locação - Atividade/ Rotina de uso 	Levantamento das cargas (potência instalada), seus padrões de uso e demais características a partir de visitas ao edifício e entrevistas não estruturadas aos usuários.
	Sistema de condicionamento de ar (se houver) <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de sistema - Modelo - Potência/COP - Quantitativo - Locação - Atividade/ Rotina de uso 	Levantamento das cargas (potência instalada), seus padrões de uso e demais características a partir de visitas ao edifício e entrevistas não estruturadas aos usuários.
	Consumo energético	Identificação do consumo energético mensal fornecido pelas faturas de contas de energia

Fonte: A autora.

Quanto às aberturas transparentes da envoltória, é feito o detalhamento de seus componentes: identificação dos materiais, medição da espessura, levantamento da área, levantamento documental sobre especificações técnicas. Visto que não foram identificados documentos existentes com

especificações do fator solar do vidro, como o laudo do fabricante, por exemplo, nas edificações históricas estudadas, o fator solar foi estimado com os dados apresentados no Anexo geral VI do RAC (BRASIL, 2010b).

Quanto às partes opacas da envoltória, são realizadas medições *in situ* da absorvância térmica e da transmitância térmica dos elementos da envoltória das edificações históricas estudadas.

Em relação à obtenção do valor de absorvância térmica, utiliza-se para o processo de medição o equipamento ALTA II, um espectrômetro de baixo custo que mede as refletâncias correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda sendo esses definidos em sete cores visíveis e quatro invisíveis de luz infravermelha, entre 470 nm e 940 nm (VERNIER, 2018). Segundo o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E, 2015), os procedimentos para utilização do Alta II consistem em:

- Colocar o equipamento sobre uma amostra de referência; ligar e o valor mostrado na tela é denominado voltagem do fundo. Dessa forma, medem-se as voltagens da amostra de referência para todos os comprimentos de onda;
- Realizar as medições nas amostras escolhidas, medindo-se a voltagem de fundo. E posteriormente mensuram-se as voltagens para cada comprimento de onda da amostra selecionada.

Conforme sugerido por Dornelles e Roriz (2007), utiliza-se como amostra de referência uma folha de papel branco (papel branco Ripax, 75 g/m²).

Para cada superfície opaca analisada, são realizadas três medições de micro voltagens para cada comprimento de onda. No Apêndice C é apresentado o formulário utilizado para coletas dos dados com o uso do espectrômetro. As refletâncias espectrais das amostras são calculadas através da Equação 1. A partir da obtenção do valor médio da refletância obtém-se o valor de absorvância térmica.

$$\rho_{\lambda, amostra} = \left(\frac{V_{\lambda, amostra} - V_{f, amostra}}{V_{\lambda, ref} - V_{f, ref}} \right) * \rho_{\lambda, ref} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{\lambda, amostra}$ é a refletância da amostra de cada comprimento de onda (%);

$V_{\lambda, amostra}$ é a voltagem da amostra de cada comprimento de onda (mV);

$V_{f, amostra}$ é a voltagem de fundo da amostra (mV);

$V_{\lambda,ref}$ é a voltagem da amostra de referência de cada comprimento de onda (mV);
 $V_{f,ref}$ é a voltagem de fundo da amostra de referência (mV); e
 $\rho_{\lambda,ref}$ é a refletância da amostra de referência de cada comprimento de onda (%).

Para obtenção da transmitância térmica da envoltória das edificações históricas utiliza-se o método da ISO 9869 (2014). Utiliza-se um termofluxímetro para mensurar o fluxo de calor que passa através do componente construtivo. O modelo do termofluxímetro é o HFP 01, seu diâmetro é de 80 mm e possui 5 mm de espessura. A programação e descarga do aparelho ocorrem por uma entrada USB com auxílio de um computador (HUSEFLUX, 2018).

Utiliza-se também o *datalogger* do modelo HT-500, para monitoramento e coleta de dados da temperatura do ar e umidade relativa do ambiente interno. As medições de temperatura do instrumento variam de -40°C a 70°C e a umidade de +-3% RH, o ciclo de medição variam de 2s, 5s, 10s, 1min, 5min, 10min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h (INSTRUTHERM, 2018).

As medições são realizadas contemplando o período mínimo de 72 horas exigido na ISO 9869 (2014). Para melhor consistência dos resultados são realizadas medições durante sete dias sequenciais. Para o cálculo da transmitância térmica, considera-se a relação do módulo do fluxo de calor pela diferença entre as temperaturas interna e externa, respectivamente, estabelecida na norma e apresentada na Equação 2.

$$U = \left(\frac{q}{T_i - T_e} \right) \quad (2)$$

Onde:

U é a transmitância térmica (W/m²K);

q é o fluxo de calor (W/m²);

T_i é a temperatura interna (°C); e

T_e é a temperatura externa (°C).

Os dados de temperatura externa utilizados são os disponíveis pelo INMET (2018), horários, referentes ao período de realização das medições. Para tanto, nos estudos de caso específicos foram consideradas as estações meteorológicas de Goiás-A014 a de Brasília - A001.

4.2.2. Fase 2 – Avaliação de desempenho energético e diagnóstico do estado atual da edificação histórica

Após a realização de ampla caracterização das edificações históricas na fase anterior, na Fase 2 é elaborado o diagnóstico quanto ao desempenho energético e o conforto térmico de seu estado atual.

Para tanto, é realizada a simulação computacional de desempenho energético e de conforto térmico do estado atual da edificação histórica. Utiliza-se o programa *DesignBuilder* versão 6.1.2.005 integrado ao *EnergyPlus* versão 8.9, que atende a todos os requisitos exigidos pelo RTQ-C (BRASIL, 2010a) para simulação computacional. Nesta etapa, são utilizados os arquivos climáticos ‘BRA_GO_Goias.867120_INMET’ e ‘BRA_DF_Brasilia.867150_INMET’ referentes às cidades de Goiás e Brasília, respectivamente. Esses arquivos climáticos estão disponibilizados no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE, 2018) e foram elaborados com dados climáticos do INMET 2018.

Após a modelagem dos edifícios no *DesignBuilder*, realiza-se a calibração do modelo da situação original de cada edificação histórica. A validação do modelo e do cálculo pode ocorrer a partir da comparação do consumo de energia real das edificações históricas como os valores de consumo após simulação da situação original, ou com a comparação dos dados obtidos pelas medições *in situ* das temperaturas internas de ambientes não condicionados artificialmente dos estudos de caso com as obtidas no mesmo ambiente e período do ano a partir da simulação no programa. Nesta tese, os modelos foram calibrados a partir do segundo método, posto que em algumas edificações históricas estudadas os dados não foram disponíveis ou não apresentavam consistência.

Assim, para calibragem dos modelos da situação original das edificações históricas, utiliza-se um procedimento semelhante ao adotado em outras pesquisas (EVANGELISTI *et al.*, 2015; CORNARO *et al.* 2016; GUIMARÃES, 2017), onde há comparação dos valores medidos de temperatura *in situ* e os simulados com o uso do arquivo climático. Utiliza-se para análise comparativa dos valores o coeficiente de variação (CV) da raiz quadrada do erro quadrático médio (*Root mean square error* – RMSE). Segundo Milanez (2012), pode-se considerar o $CV(RMSE) \leq 5\%$ como um modelo excelente, $\leq 10\%$, um modelo bom e $\leq 20\%$, um modelo medíocre. Para cálculo do CV (RMSE) utiliza-se a Equação 3.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N (T_{is} - T_{im})^2 / N} \quad (3)$$

Onde:

RMSE é a raiz do erro médio quadrático;

T_{is} é o valor da temperatura interna do ambiente simulada (°C);

T_{im} é o valor da temperatura interna do ambiente medida (°C); e

N é a quantidade de medições.

Após simulação do desempenho energético, obtém-se a carga de aquecimento e resfriamento ideal total e latente anual das edificações históricas da situação original, expressos em kWh/m² por ano. Os valores de consumo energético obtidos servem de referência para estabelecimento das estratégias de *retrofit* energético, bem como para obtenção do percentual de redução de consumo energético de cada estratégia de intervenção proposta.

Não é possível conceber eficiência energética em arquitetura sem relacionar com conforto ambiental do usuário. Parte-se do princípio de que quanto maior for o esforço de adaptação do indivíduo em determinado ambiente, maior será sua sensação de desconforto. No entanto, as exigências de conforto do usuário nas edificações são diversas e dependem de inúmeras variáveis.

O conforto térmico, especificamente, é definido pela ASHRAE 55 (2013) como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve o usuário. Pode-se considerar que um indivíduo sente conforto térmico quando o balanço de todas as trocas de calor do indivíduo com o ambiente que o envolve for nulo, bem como quando a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites.

No entanto, segundo Humphreys (1979¹⁹ *apud* LAMBERTS, 2016), a temperatura de conforto não é constante variando de acordo com a estação do ano e com as temperaturas as quais as pessoas estão habituadas, por isso, foi concebido o modelo adaptativo para estabelecimento de zona de conforto térmico. Nesta concepção, não são apenas os fatores físicos que influenciam na percepção térmica do ambiente, mas também os fatores psicológicos dos indivíduos.

As condições de conforto térmico não se restringem às variáveis climáticas e ambientais que provocam trocas de calor entre o corpo e o ambiente, mas incluem outros fatores como a atividade a ser desenvolvida pelo indivíduo, seu metabolismo e o isolamento térmico da sua vestimenta (FROTA; SCHIFFER, 2003). Considerando as inúmeras variáveis envolvidas na percepção de conforto térmico do indivíduo e que em um mesmo contexto pessoas podem ter percepções de conforto térmico

¹⁹ HUMPHREYS, M A. The influence of season and ambient temperature on human clothing behaviour In: Indoor Climate Eds: P O Fanger & O Valbjorn, **Danish Building Research**, Copenhagen, 1979, p. 699-713.

distintas, estudiosos estabeleceram os índices de conforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2003). Os principais índices de conforto térmico são baseados no modelo de balanço de calor (abordagem analítica) ou na abordagem adaptativa.

De acordo com o RTQ-C (BRASIL, 2010a, p. 55), zona de conforto térmico é a “zona onde existe satisfação psicofisiológica de um grupo de indivíduos com as condições térmicas do ambiente”. Nesta tese, o conforto térmico foi avaliado pelo Percentual de horas Ocupadas em Conforto (POC), que é a “razão entre as horas ocupadas com comprovação de conforto e total de horas ocupadas” (BRASIL, 2010a, p.52). Ainda segundo o RTQ-C (BRASIL, 2010a), os ambientes internos das edificações não condicionadas artificialmente deverão ser simulados para comprovar que estes apresentam temperaturas pertencentes à zona de conforto durante determinado período de ocupação. Para obtenção do POC, é preciso estabelecer primeiramente o índice de conforto a ser utilizado.

O índice de conforto térmico escolhido para estabelecimento da zona de conforto foi o modelo psicofisiológico da percepção térmica de Auliciems (1981). Esse modelo foi elaborado a partir de um banco de dados de edificações não condicionadas e condicionadas artificialmente. Para o cálculo deste índice, conforme apresentado na Equação 4, é necessário conhecer a temperatura externa do bulbo seco. Nesta pesquisa, foram utilizadas as temperaturas externas obtidas após a simulação computacional da situação original de cada edificação histórica. Foram consideradas apenas as horas ocupadas, logo a quantidade de horas analisada depende do horário de funcionamento de cada edificação. Após essa seleção dos valores, as temperaturas externas que não estão entre 18°C e 28°C são excluídas para a obtenção da temperatura de neutralidade.

$$T_n = 0,31 T_e + 17,6 \quad (4)$$

Onde:

T_n é a temperatura de neutralidade (°C); e

T_e é a temperatura externa (°C).

O índice de Auliciems estabelece uma variação de $\pm 2,5^\circ\text{C}$ em relação à temperatura de neutralidade para definição dos limites da zona de conforto. Estes limites, no entanto, também devem pertencer ao intervalo de 18°C e 28°C. Após definição da zona de conforto, por fim, é obtido o POC.

4.2.3. Fase 3 – Proposição de estratégias de intervenção

Existe uma quantidade imensa de variáveis para a concepção de uma arquitetura eficiente energeticamente e confortável para o usuário. O conhecimento do arquiteto ou projetista sobre os recursos bioclimáticos e estratégias possíveis de serem aplicadas ao caso de edificações patrimoniais é essencial para o desenvolvimento de um projeto com enfoque na melhoria do desempenho energético. Portanto, ele exerce um papel importantíssimo na elaboração de projetos energeticamente eficientes a partir de uma arquitetura adaptada ao clima.

As estratégias que têm em atenção às condições climáticas do local e da sua interação com o clima, proporcionando a adequação do edifício ao clima local, designam-se por estratégias bioclimáticas. Os dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objetivo é o de contribuir para o seu aquecimento ou resfriamento natural são denominados como sistema passivos. Já os dispositivos integrados nos edifícios que contribuem para o seu aquecimento ou resfriamento artificial são chamados de sistema artificiais. Ambos podem ser considerados para adoção de estratégias de intervenção.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), nem sempre é possível tirar partido apenas dos recursos naturais para promover o conforto térmico aos usuários. Em função do clima local e da própria função a que se destina a arquitetura, é muitas vezes inevitável o uso de sistemas de climatização artificial, como aquecedores e ar condicionado.

Antes de estabelecer critérios para a escolha das estratégias de *retrofit* energético, é importante compreender as especificidades climáticas das cidades analisadas e sua relação com as condições de conforto das edificações. Além disso, é necessária a compreensão da tipologia e as características físico-construtivas de cada edifício. Outro critério para escolha de estratégias é que estas possam ser aplicáveis a edifícios existentes considerando as restrições de intervenção estabelecidas pelo Iphan e que sejam tecnicamente viáveis.

Como se tratam de edificações existentes, aspectos intrínsecos para concepção de uma arquitetura bioclimática, tais como, forma, orientação, dimensão das aberturas, sistemas construtivos, obviamente já foram estabelecidos, sendo possível apenas o estabelecimento de estratégias de intervenção como instalação de novos dispositivos, alteração do acabamento, substituição ou acréscimo de material, entre outros.

Para cada edificação foram propostas estratégias de *retrofit* energético para envoltória (fachadas e cobertura). Diante da necessidade de realização da caracterização e diagnóstico energético dos estudos de caso para proposição das estratégias, estas foram estabelecidas após a realização da fase 1 e 2 do

método. As estratégias de intervenção propostas para a arquitetura colonial e moderna estão apresentadas na seção 7.1. Como ponto de partida, optou-se por estratégias com melhor desempenho energético que a situação original das edificações históricas estudadas e que respeitassem o princípio de distinguibilidade entre os materiais existentes e os novos.

4.2.4. Fase 4 – Avaliação das estratégias de intervenção: impacto na preservação dos atributos do patrimônio cultural; desempenho energético; e conforto térmico

Na Fase 4 é proposta a análise do impacto das estratégias de *retrofit* nas edificações históricas quanto às três categorias de avaliação: desempenho energético, conforto térmico e preservação dos valores patrimoniais.

É realizada a simulação de desempenho energético e conforto térmico das estratégias de intervenção escolhidas. A quantificação do consumo de energia e do conforto é realizada a partir da simulação computacional utilizando o programa *DesignBuilder*. Para cada estratégia analisada é obtida a carga de aquecimento e resfriamento ideal total anual (kWh/m².ano) e o POC. Os resultados são comparados com a situação original, ou seja, sem a aplicação de estratégias de intervenção da edificação histórica.

A avaliação de impacto das estratégias de *retrofit* energético na preservação de valores de significação cultural é realizada por especialistas na área de patrimônio arquitetônico. Para obtenção da “Pontuação de Preservação” é proposta uma sistematização qualitativa e quantitativa da pesquisa de opinião dos especialistas a partir da resposta de dois questionários de preenchimento *on-line*. Um deles tem como objetivo avaliar o grau de importância de componentes construtivos da arquitetura moderna e colonial. O outro tem como objetivo avaliar o grau de impacto da implantação das estratégias de intervenção na preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação. A seguir, são detalhados os procedimentos a serem realizados para obtenção da pontuação de preservação de cada estratégia de intervenção aplicada à edificação histórica.

4.2.4.1. Aplicação dos questionários aos especialistas

Os questionários devem ser enviados para um número suficiente de especialistas na área de patrimônio no Brasil, sistematizados em três categorias: profissionais atuantes em órgãos de patrimônio; escritórios de arquitetura; e professores universitários. Em geral, as pesquisas científicas trabalham com amostragem com nível de confiança de 90%, 95% ou 99%; e erro amostral de 3%, 5%, ou 10%. A seguir, são apresentados os quantitativos estimados da população e amostra utilizados para aplicação dos questionários na tese.

O quantitativo total dos profissionais que atuam em órgãos de patrimônio histórico nacional (Iphan) foi determinado pela disponibilização dos contatos de técnicos envolvidos na análise e fiscalização de intervenção em bens tombados, em especial, nas superintendências regionais de Goiás e Distrito Federal, dada a localização dos estudos de casos. Assim, foram enviados questionários para 12 profissionais atuantes nessa categoria.

De acordo com o Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU, 2019), atualmente estão cadastrados 48 escritórios brasileiros de arquitetura atuantes na área de patrimônio. Foram escolhidos 12 escritórios de arquitetura para responderem ao questionário.

O número total de professores atuantes em patrimônio, foi estimado a partir do quantitativo de cursos de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo em funcionamento no Brasil, posto a necessidade da atuação de pelo menos um docente para ministrar as disciplinas específicas desse campo. Segundo o Ministério da Educação (MEC, 2019), existem atualmente 67 cursos de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo na modalidade presencial, gratuitos, no país, sendo selecionados 36 professores para aplicação do questionário na tese.

Dessa forma, foram enviados 60 questionários para especialistas na área de patrimônio. Na Tabela 11 são apresentados os quantitativos desses especialistas selecionados para aplicação dos questionários por categoria na tese.

Tabela 11: Amostra de especialistas atuantes na área do patrimônio arquitetônico selecionada para responder os questionários.

Categoria	População estimada	Amostra	Amostra (%)	Nível de confiança (%)	Erro amostral (%)
Técnicos do Iphan	12	12	20		0,00
Escritórios de arquitetura	48	12	20	90	20,72
Professores	67	36	60		9,37
Total	127	60	100	90	7,72

Fonte: A autora.

Os quantitativos apresentados são necessários para validação do método, portanto, específicos para esta pesquisa. Após validação do mesmo, os dados utilizados quanto ao questionário 1, referentes ao estilo arquitetônico, podem ser utilizados de referência e o questionário 2, que é aplicado ao estudo de caso, poderá ser aplicado apenas a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento e aprovação do projeto de determinada edificação.

Considerando o tempo de resposta do questionário de “Avaliação da importância de cada componente construtivo” e do questionário “Avaliação do grau de impacto das estratégias de intervenção nos atributos do patrimônio cultural” de 3 a 5 minutos, respectivamente, foi estruturada a distribuição de aplicação dos questionários por especialistas conforme apresentado na Tabela 12, para os casos

específicos desta tese. Foi enviado para o e-mail dos especialistas o *link* com a planilha de resposta online contendo um questionário. Assim, cada especialista foi convidado a responder apenas um questionário para facilitar e otimizar o processo de resposta e, conseqüentemente, estimular a adesão de participantes à pesquisa. Ao final da aplicação dos questionários, foram obtidos 28 questionários respondidos de um total de 60 enviados, totalizando pouco menos da metade de respostas obtidas (48%).

Tabela 12: Distribuição dos questionários por especialistas e quantitativos de respondentes.

Questionário (planilha on-line)		Quantidade de questionários enviados por tipo de especialistas que atuam na área de patrimônio arquitetônico			Quantidade de questionários respondidos
		Servidores do IPHAN	Escritórios de arquitetura	Professores	
Avaliação da importância de cada componente construtivo	Arquitetura Colonial	2	2	6	5
	Arquitetura Moderna	2	2	6	5
Avaliação do grau de impacto das EIs nos atributos do patrimônio cultural	Museu das Bandeiras	2	2	6	5
	Secretaria da Fazenda	2	2	6	4
	Palácio do Itamaraty	2	2	6	4
	Palácio da Justiça	2	2	6	5
Total			60		28

Fonte: A autora.

4.2.4.2. Questionário 1 aplicado aos especialistas

Para a avaliação de grau de importância de um componente construtivo em relação a outro componente construtivo foram elaborados questionários para análise da arquitetura colonial e moderna, conforme apresentado nos Apêndice D e Apêndice E. O modelo de questionário proposto na tese para essa avaliação apresenta semelhanças e diferenças com o estudo de Roberti *et al.* (2015, 2017).

Ambos utilizam o processo analítico hierárquico – *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para a avaliação do grau de importância dos componentes construtivos. Além disso, a matriz de comparação emparelhada possui os mesmos componentes construtivos avaliados, a saber: “janelas” (aberturas); paredes externas (superfície interna e externa); cobertura; paredes internas; e “teto” (laje entre pisos).

No entanto, a matriz desta tese diferencia-se por não inserir como critérios de análise para cada componente construtivo os três tipos de avaliação patrimonial (visual; físico e espacial) propostos por Eriksson *et al.* (2014). A matriz proposta na tese, portanto, é mais simplificada, facilitando o

entendimento e o preenchimento da matriz pelos especialistas, conforme ilustrado na Figura 15. Ressalta-se que essa alteração não prejudica o método quanto à análise de atributos do patrimônio cultural, posto que no segundo questionário proposto de avaliação das estratégias de intervenção aplicadas aos estudos de caso foi incluído esse tipo de análise. Enfatiza-se ainda que nesse segundo questionário não são utilizados os aspectos de avaliação patrimonial sugeridos por Eriksson *et al.* (2014), mas a utilização dos princípios de preservação estabelecidos na legislação brasileira na área de patrimônio arquitetônico para essa avaliação.

Figura 15: Exemplo da estrutura da matriz proposta para avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura.

Qual a importância de cada componente construtivo?						
Componentes construtivos	A janela tem:	As paredes externas têm:		A cobertura tem:	As paredes internas têm	O teto tem:
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
Janela	← Importância igual					
Paredes Externas	Superfície Exterior ← SELECIONE: ← Importância igual					
	Superfície Interior ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← Importância igual					
Cobertura	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← Importância igual					
Paredes Internas	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE:					
Teto	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← Importância igual					

Importância extremamente superior
 Importância superior
 Importância igual
 Importância inferior
 Importância extremamente inferior
SELECIONE:

Fonte: A autora.

A ordem de preenchimento da matriz proposta na tese também é diferente da proposta por Eriksson *et al.* (2014), indicando-se relacionar coluna com linha durante a comparação emparelhada dos componentes construtivos. Dessa forma, considera-se a região inferior à diagonal para preenchimento da matriz pelos especialistas: Essa alteração ocorreu após aplicação do pré-teste, onde foram observadas respostas errôneas da matriz quando era solicitada a comparação dos componentes construtivos relacionando linha com coluna. A fim de minimizar esse erro, foi proposta na matriz final relacionar coluna com linha, bem como foram incluídas setas indicativas para orientar o preenchimento correto das células da matriz (Figura 15).

Em cada célula de resposta da matriz é dada a opção de seleção de cinco respostas de nível de importância: extremamente superior; superior; igual; inferior; e extremamente inferior. A escala de avaliação e pontuação para comparação estabelecida entre os componentes construtivos constitui-se

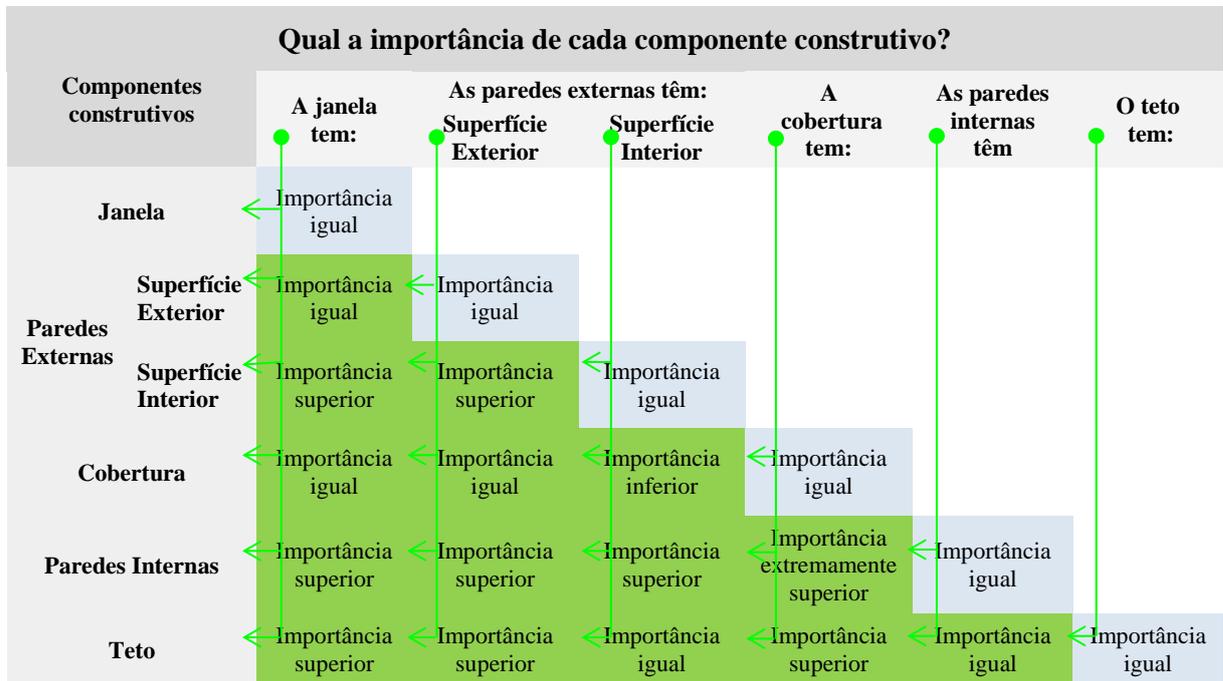
em uma versão simplificada da escala de avaliação de Saaty (1990)²⁰. A escala de julgamento e pesos utilizada na tese está apresentada na Tabela 13. Ressalta-se que o julgamento pelo especialista dos itens na matriz não utiliza a escala de pontuação, sendo utilizada apenas na etapa de análise das respostas obtidas. Assim, o julgamento dos especialistas ocorre de forma qualitativa e a sistematização dos resultados ocorre de forma quantitativa. Um exemplo da matriz preenchida por especialista em patrimônio arquitetônico é ilustrada na Figura 16.

Tabela 13: Definições utilizados para julgamento matriz de comparação emparelhada e pontuações respectivas.

Pontuação	Nível de importância	Definição
0.11	Importância extremamente inferior	Um item possui importância extremamente inferior em relação ao outro
0.20	Importância inferior	Um item possui importância inferior em relação ao outro
1.00	Importância igual	Um item possui importância igual em relação ao outro
5.00	Importância superior	Um item possui importância superior em relação ao outro
9.00	Importância extremamente superior	Um item possui importância extremamente superior em relação ao outro

Fonte: A autora baseado em Saaty (1990).

Figura 16: Exemplo de preenchimento de matriz emparelhada por especialista.



Fonte: A autora.

²⁰ A escala de pesos de avaliação e definições propostas por Saaty (1990) é apresentada no ANEXO A.

Nota-se que o preenchimento da matriz deve ser realizado pelo especialista apenas na região triangular abaixo da diagonal da matriz. No entanto, na fase de análise de resultados, é necessário que a região triangular superior também seja preenchida com a pontuação recíproca, ou seja, o inverso da pontuação obtida na região inferior. Parte-se do pressuposto lógico, como apresentado por Saaty (1990), que há uma relação de reciprocidade estabelecida entre uma linha (l) e uma coluna (c). Enquanto na parte superior da matriz é comparado o item de l com o de c , na parte inferior da matriz a relação é invertida, ou seja, o item de c é comparado com o item em l . Após preenchimento da pontuação das células das duas regiões da matriz, realiza-se o somatório dos valores por coluna conforme exemplificado na Tabela 14.

Tabela 14: Exemplo de preenchimento de matriz emparelhada com a pontuação (parte inferior da diagonal) e os valores recíprocos (parte superior da diagonal).

Componentes construtivos	Janela	Paredes Externas		Cobertura	Paredes Internas	Teto
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
Janela	1,00	1,00	0,20	1,00	0,20	0,20
Paredes Externas	Superfície Exterior	1,00	1,00	0,20	1,00	0,20
	Superfície Interior	5,00	5,00	1,00	5,00	0,20
Cobertura	1,00	1,00	0,20	1,00	0,11	0,20
Paredes Internas	5,00	5,00	5,00	9,00	1,00	1,00
Teto	5,00	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00
Somatório por coluna (SC)	18,00	18,00	7,60	22,00	2,71	3,60

Fonte: A autora.

Cada pontuação da matriz deve ser normalizada a partir da sua divisão pelo somatório dos pesos da sua coluna respectiva. Após a normalização de todas as pontuações da matriz, obtém-se a matriz normalizada como apresentado na Tabela 15. Com a matriz normalizada, é obtido o vetor de prioridade (Eigen), que consiste na razão do somatório dos pesos normalizados de uma linha pela quantidade de aspectos avaliados (Tabela 16). Esse vetor indica a representatividade de determinado critério no total dos critérios analisados.

Para cada matriz, é necessário avaliar a consistência de seus resultados conforme proposto por Saaty (1990). Para obtenção do índice de consistência - *Consistency Index* (CI), primeiramente, é necessário calcular o valor principal de Eigen (λ_{\max}), que corresponde ao somatório dos produtos obtidos entre os

valores do Vetor de Eigen e os valores obtidos pelo somatório por coluna, conforme apresentado na Tabela 16. O cálculo para obtenção do CI é apresentado na Equação 5.

Tabela 15: Exemplo de matriz normalizada.

Componentes construtivos	Janela	Paredes Externas		Cobertura	Paredes Internas	Teto	Vetor de Eigen (VE)
		Superfície Exterior	Superfície Interior				
Janela	0,06	0,06	0,03	0,05	0,07	0,06	0,05
Paredes Externas	Superfície Exterior	0,06	0,03	0,05	0,07	0,06	0,05
	Superfície Interior	0,28	0,13	0,23	0,07	0,28	0,21
Cobertura	0,06	0,06	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05
Paredes Internas	0,28	0,28	0,66	0,41	0,37	0,28	0,38
Teto	0,28	0,28	0,13	0,23	0,37	0,28	0,26

Fonte: A autora.

Tabela 16: Exemplo de cálculo para obtenção do valor principal de Eigen (λ_{\max}).

Vetor de Eigen (VE)	0,05	0,05	0,21	0,05	0,38	0,26
Somatório por coluna (SC)	18,00	18,00	7,60	22,00	2,71	3,60
VE x SC	0,94	0,94	1,60	1,02	1,03	0,94
Valor principal de Eigen = λ_{\max}	6,46					

Fonte: A autora.

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (5)$$

Onde:

CI é o índice de consistência;

λ_{\max} é o valor principal de Eigen; e

n é a quantidade de critérios da matriz.

Para validação dos valores de CI, Saaty (1990) determina que a taxa de consistência – *Consistency Ratio* (CR) deve ser no máximo 10%. A CR consiste na razão entre o CI e o índice aleatório de

consistência – *Random Index* (RI), conforme apresentado na Equação 6. Na Tabela 17 são apresentados os valores de RI, os quais variam de acordo com o número de critérios da matriz (n).

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\% \quad (6)$$

Onde:

CR é a taxa de consistência;

CI é o índice de consistência; e

RI é o índice de consistência aleatória.

Tabela 17: Valores de RI em função do número de critérios da matriz.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Quando o valor de CR for superior a 10% é recomendado que sejam realizadas alterações mínimas, para que se atinja o valor de CR máximo permitido. No caso de matriz apresentada como exemplo (Tabela 14), considera-se o RI de 1,24, uma vez que a matriz possui 6 critérios. O valor de CI obtido foi de 0,092 e o de CR de 7,42%. Portanto, neste caso atende-se ao limite máximo de 10% de CR.

$$CI = \frac{(6,46 - 6)}{(6 - 1)} = 0,092$$

$$CR = \frac{0,092}{1,24} < 0,0742 \sim 7,42\%$$

Após preenchimento das matrizes, verificação de sua consistência e realização de ajustes quando necessários, é realizada a média dos Vetores de Eigen para cada componente construtivo de todas as matrizes preenchidas pelos especialistas. Em seguida, são divididos os valores médios de Vetor de Eigen obtidos pelo número total de estratégias de *retrofit*, a fim de obter o valor médio dos pesos referentes a cada aspecto do componente construtivo, conforme exemplificado na Tabela 18. No exemplo a seguir, sete estratégias de intervenção foram consideradas para o cálculo.

Tabela 18: Exemplo de cálculo do Vetor de Eigen médio aplicados a cada componente construtivo da arquitetura para obtenção do Peso da Pontuação de Preservação.

Componente construtivo	Vetor de Eigen médio das matrizes	Peso da Pontuação de Preservação ¹ - PP1
Janela	1,45	0,21
Paredes Externas - Superfície Exterior	1,19	0,17
Paredes Externas - Superfície Interior	1,51	0,22
Cobertura	1,30	0,18
Paredes Internas	1,10	0,16
Teto	1,08	0,15

¹ Peso de Pontuação de Preservação = Vetor de Eigen médio das matrizes /quantidade de estratégias de intervenção.

Fonte: A autora.

O “Peso da Pontuação de Preservação” de cada componente construtivo obtido após análise de resultados da aplicação desse primeiro questionário é integrado à avaliação dos resultados obtidos pela aplicação do segundo questionário de avaliação do impacto das estratégias de intervenção nos atributos do patrimônio cultural, apresentado a seguir.

4.2.4.3. Questionário 2 aplicado aos especialistas

Durante o preenchimento do segundo questionário “Avaliação do grau de impacto das EIs nos atributos do patrimônio cultural”, para cada especialista é proposto a avaliação do nível de impacto das EIs propostas para cada edificação histórica conforme três análises propostas: dos materiais/sistemas construtivos; histórica/estética; e do espaço envolvente. As análises foram fundamentadas nos conceitos de autenticidades apresentados no “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” desenvolvido pelo Instituto do Programa Monumenta (BRASIL, 2005), apresentados na Tabela 19. Na Figura 17 é ilustrada a estrutura esquemática desse questionário. Para cada estudo de caso, foi elaborado um questionário específico, cujos modelos constam nos Apêndice F (Museu das Bandeiras), Apêndice G (Secretaria da Fazenda), Apêndice H (Palácio do Itamaraty) e Apêndice I (Palácio da Justiça). Além da estrutura do questionário apresentada na Figura 17, cada modelo é acompanhado de planilha descritiva da edificação histórica. Essa contém dados históricos, da arquitetura, ilustrações das fachadas e do entorno. Essa descrição da edificação histórica visa auxiliar o especialista com subsídios para a tomada de decisão.

Tabela 19: Análises propostas para avaliação do impacto das EIs nos aspectos de valoração de edificações históricas.

Análises dos atributos do patrimônio cultural		Autenticidades	Conceituação ¹
1	Análise dos materiais/ sistemas construtivos	Autenticidade dos materiais	Implica na manutenção da maior quantidade possível de materiais originais, de modo a evitar falsificações de caráter artístico e histórico.
		Autenticidade dos sistemas construtivos e suas peculiaridades	Evitando o uso de técnica que seja incompatível e descaracterize o sistema existente.
2	Análise histórica/ estética	Autenticidade histórica	Permeia todos os aspectos associados ao Bem, não sendo permitida qualquer intervenção que possa alterar ou falsificar os valores históricos contidos nos materiais, técnicas construtivas, aspectos estéticos e espaciais.
		Autenticidade estética	Corresponde ao respeito às ideias originais que orientaram a concepção inicial do Bem e das alterações introduzidas em todas as épocas, que agregando valores, resultaram numa outra ambiência, também reconhecida pelos seus valores estéticos e históricos.
3	Análise do espaço envolvente	Autenticidade do espaço envolvente	Não implica no entendimento do Bem isoladamente e sim no contexto no qual está inserido, considerando os aspectos natural, histórico, quer urbano ou rural.

¹ Conceitos de autenticidades a serem preservadas conforme “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” desenvolvido pelo Instituto do Programa Monumenta (BRASIL, 2005).

Fonte: A autora.

Figura 17: Estrutura da planilha de avaliação de impacto das estratégias de intervenção nos atributos do patrimônio cultural das edificações históricas.

Avaliação de estratégias de retrofit energético para envoltória das edificações históricas					
Selecione uma alternativa para a avaliação do grau de impacto de cada estratégia de intervenção conforme análises propostas					
<p><u>Clique nos conceitos para ver as definições</u></p> <p>Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos¹ Análise Histórica/Estética² Análise do Espaço Envolvente³ <u>Ir para a descrição do edifício</u></p>			Cidade - Estado		
			Ilustração da edificação histórica		
Estratégias de Intervenção			Nome da edificação		
1	Ilustração da EI 1	Descrição da EI	Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
2					
...	Ilustração da EI ...	Descrição da EI	Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
N	Ilustração da EI n	Descrição da EI	Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:

Fonte: A autora.

Para cada EI, cabe ao especialista o julgamento se o impacto é alto, médio, ou baixo/neutro de acordo com as três análises de preservação dos atributos do patrimônio cultural das edificações históricas. Na Figura 18. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é possível observar o processo de preenchimento de uma planilha de avaliação de estratégias de intervenção quanto aos atributos do patrimônio cultural. Ao selecionar a célula de análise, o especialista pode escolher um dos três níveis de impacto para julgamento da aplicabilidade EI à edificação histórica. São associadas cores para cada nível de impacto para facilitar a leitura e conferência das respostas pelo respondente.

Figura 18: Exemplo de preenchimento da matriz de avaliação do impacto das EIs nos atributos do patrimônio cultural de uma edificação histórica.

Estratégias de Intervenção		Museu das Bandeiras		
1 Película Incolor (a ser aplicada no vidro existente)		Impacto baixo/neutro	Impacto baixo/neutro	Impacto baixo/neutro
2 Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)		Impacto alto	Impacto alto	Impacto alto
3 Vidro com camada de baixa reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Neutral 70 (CE)		Impacto alto	Impacto médio	Espaço Envolvente: Impacto baixo/neutro Impacto médio Impacto alto
4 Vidro com camada de alta reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Silver 10 (CE)		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente: Espaço Envolvente:
5 Telha termoacústica acabamento na cor branca		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	

Fonte: A autora.

É proposta uma escala numérica de pontuação variando de 0 a 1 para quantificação das respostas qualitativas dos especialistas, conforme apresentada na Tabela 20. Nessa escala de avaliação o menor valor corresponde ao impacto alto (0 pontos), o valor intermediário ao impacto médio (0,50 ponto), e a maior valor ao impacto baixo/neutro (1 ponto). Essa escala de pontuação é utilizada para todas as categorias de análise dos valores de significância cultural a serem preservados. A pontuação maior indica maior compatibilidade da EI com os princípios de preservação considerados e a pontuação menor indica maior incompatibilidade.

Tabela 20: Escala de pontuação de avaliação do impacto das EIs na preservação dos atributos do patrimônio cultural de edificações históricas.

Nível de impacto no patrimônio arquitetônico	Pontuação
Impacto alto	0,00
Impacto médio	0,50
Impacto baixo/neutro	1,00

Fonte: A autora.

A partir da avaliação do nível de impacto das estratégias de intervenção na preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação histórica pelos especialistas, é obtida uma pontuação média variando de 0 a 1 para cada estratégia de intervenção por aspecto analisado (análise dos materiais/sistemas construtivos; histórica/estética; e do espaço envolvente). O somatório dos valores médios obtidos para cada estratégia de intervenção por aspecto analisado corresponde à Pontuação de Preservação obtida pela aplicação do segundo questionário aos especialistas (PP2).

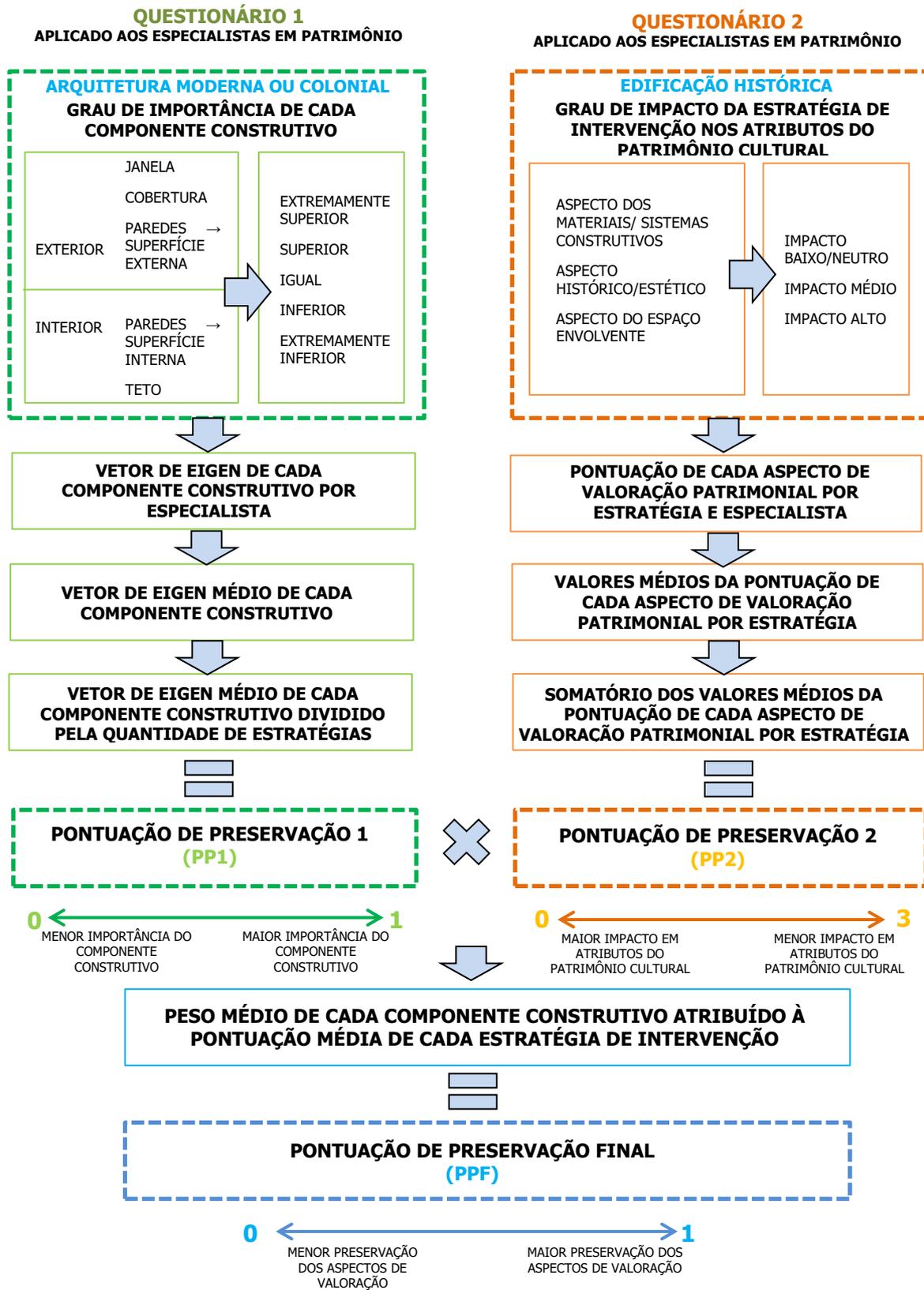
A seguir, explica-se como os valores obtidos pela aplicação dos dois questionários apresentados são sistematizados para obtenção da Pontuação de Preservação Final de cada estratégia de intervenção.

4.2.4.4. Pontuação de Preservação Final

A Pontuação de Preservação Final (PP_F) para cada estratégia de intervenção aplicada à edificação histórica é obtida pela atribuição do peso da PP_1 do componente construtivo em questão (pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1 aos especialistas) ao valor médio da PP_2 da estratégia de intervenção em análise (pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2 aos especialistas). Portanto, a PPF é obtida pelo produto de PP_1 e PP_2 . Os resultados obtidos de Pontuação de Preservação Final são avaliados na escala de 0 a 1 que corresponde, respectivamente, de estratégias de retrofit energético de alto impacto e de baixo impacto/neutro na preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação histórica.

Na Figura 19, é ilustrado como os valores obtidos pela aplicação dos dois questionários apresentados foram sistematizados para obtenção da Pontuação de Preservação Final de cada estratégia de intervenção.

Figura 19: Processo de obtenção da Pontuação de Preservação Final a partir da aplicação dos dois questionários.



Fonte: A autora.

Na Tabela 21 são exemplificados valores médios obtidos pela aplicação dos dois questionários de consulta aos especialistas na área de patrimônio arquitetônico, além dos valores de Pontuação de Preservação Final.

Tabela 21: Exemplo de Pontuação de Presevação Final de cada estratégia de intervenção obtidas após análises dos especialistas obtidas pelas respostas dos questionários 1 e 2.

EI	Valores médios das análises			PP ₂ - Somatório dos valores médios das análises	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F
	Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente					
1	0,80	0,70	0,80	2,30	Janela	1,66	0,24	0,54
2	0,20	0,00	0,00	0,20	Janela	1,66	0,24	0,05
...	0,00	0,00	0,00	0,00	Cobertura	1,21	0,17	0,00
N	0,30	0,20	0,20	0,70	Cobertura	1,21	0,17	0,12

EI: estratégia de intervenção; **CC**: componentes construtivos; **VE_m**: vetor de Eigen médio das matrizes; **Peso da PP₁**: VEm /quantidade de EI; **PP₁**: pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1; **PP₂**: pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2; **PP_F**: pontuação de preservação final para cada EI

Fonte: A autora.

Determinada a Pontuação de Preservação Final, bem como obtidos os valores de consumo energético e POC para cada estratégia de intervenção aplicada às edificações históricas nesta fase do método, é realizada a avaliação integrada dos resultados, apresentada a seguir.

4.2.5. Fase 5 – Tomada de decisão

Na Fase 5 é realizada uma avaliação integrada dos resultados obtidos de consumo energético, conforto térmico e impacto das estratégias de *retrofit* nos valores patrimoniais a serem preservados. Assim, para a etapa de tomada de decisão são considerados como parâmetros para a análise de resultados:

- Mínimo valor de carga de aquecimento e/ou resfriamento ideal total anual, expressa em kWh/m² por ano;
- Maior valor de POC (%); e
- Maior Pontuação de Preservação Final (PP_F); conforme explicado no item 4.2.4.

Portanto, as escolhas das melhores estratégias de intervenção ocorrem a partir do balanceamento dos três objetivos a serem alcançados: redução do consumo energético, melhoria do conforto térmico e máxima preservação dos atributos do patrimônio cultural do bem tombado.

4.3. Seleção dos estudos de casos para aplicação do método

Os estudos de caso desta pesquisa são edificações históricas brasileiras construídas nos séculos XVIII e XX, compreendendo exemplares de patrimônio histórico e cultural da arquitetura do período colonial e da arquitetura moderna, sendo esses últimos considerados como patrimônio recentemente.

Ressalta-se que no período estudado, há uma diversidade de materiais e sistemas construtivos, bem como podem ser identificados distintos estilos e tipologias arquitetônicas que conferem complexidade à análise. Foram escolhidos edifícios de estilo arquitetônico colonial e moderno pela prevalência de sua presença no território brasileiro, no recorte temporal escolhido. Há que se ressaltar ainda a extensão territorial do Brasil, apresentando diferenças climáticas significativas de acordo com a localização da edificação histórica, o que foi também contemplado no estudo: foram escolhidos edifícios de duas zonas bioclimáticas diversas, para possibilitar a análise de diferentes tipos de estratégias de intervenção.

Por questão de viabilidade técnica, optou-se por escolher estudos de casos para aplicação e validação do método proposto em edificações da região Centro-Oeste do país, especificamente do Distrito Federal e do Estado de Goiás. Foram escolhidas edificações históricas de municípios cujo conjunto urbano ou arquitetônico tivesse tombamento federal pelo Iphan, ou seja, que apresentassem reconhecimento de sua importância para a história e arquitetura brasileira ou, em alguns casos, em nível internacional.

Para tanto, foi observada a lista de “Bens tombados e processos de tombamento em andamento (atualização: 25.11.2016)” do Iphan (2016), onde foram escolhidos os conjuntos arquitetônicos ou urbanos cuja situação do processo de tombamento estivesse homologado; rerratificado; tombado; tombamento aprovado; ou anexado. Assim, na primeira triagem da amostra foram selecionados os municípios apresentados na Tabela 22.

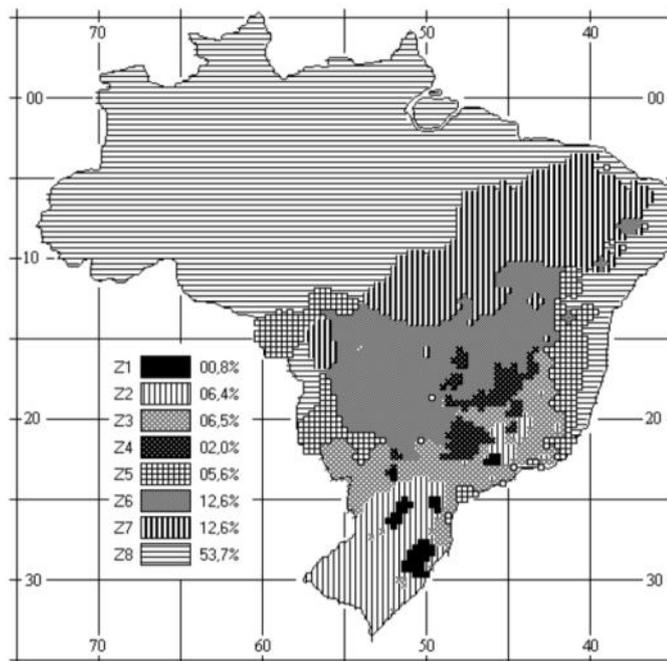
Foram identificados nesta primeira etapa seis municípios com conjunto arquitetônico ou urbanístico tombado pelo Iphan (2016) em Goiás e no Distrito Federal, os quais foram fundados entre o século XVIII e o século XX. Observa-se ainda, que os municípios escolhidos preliminarmente encontram-se nas Zonas Bioclimáticas (ZBs) 4, 6 e 7, conforme NBR 15220 (ABNT, 2005). A Figura 20 apresenta a porcentagem de ocupação das oito ZBs no território brasileiro.

Tabela 22: Municípios do Distrito Federal e de Goiás com conjunto urbano ou arquitetônico tombado pelo Iphan.

UF	Município	Zona Bioclimática (ABNT, 2005)	Estilo Arquitetônico predominante	Ano de fundação do município/século	Número do processo/ data de tombamento (livro do tomo) (IPHAN, 2016)	Classificação/ Nome do bem (IPHAN, 2016)
DF	Brasília	ZB 4	Moderno	1960/ XX	1305/ mar-90 (Histórico)	Conjunto Urbano/ Conjunto urbanístico de Brasília construído em decorrência do Plano Piloto traçado para a cidade
	Goiânia	ZB 6	Art Déco	1933/ XX	1500/ fev-05 (Arqueológico, etnográfico e paisagístico); fev-05 (Histórico); fev-05 (Belas Artes)	Conjunto Urbano/ Acervo arquitetônico e urbanístico Art Déco
	Corumbá de Goiás	ZB 6* *Não informado na NBR 15250, mas próximo à Pirenópolis	Colonial	1730/ XVIII	1269/ set-08 (Arqueológico, etnográfico e paisagístico)	Conjunto Urbano/ Conjunto arquitetônico constituído pela Igreja Matriz de Nossa Senhora da Penha de França e dos bens edificados que a envolvem.
GO	Goiás	ZB 7	Colonial	1724/XVIII	345/ set-78 (Arqueológico, etnográfico e paisagístico); set-78 (Histórico); set-78 (Belas Artes)	Conjunto Urbano/ Goiás, GO: conjunto arquitetônico e urbanístico
	Pilar de Goiás	ZB – não disponível (provável ZB 6)	Colonial	1741/ XVIII	458 /mar-54 (Histórico); mar-54 (Belas Artes)	Conjunto Urbano/ Pilar de Goiás, GO: conjunto arquitetônico e paisagístico
	Pirenópolis	ZB 6	Colonial	1727/ XVIII	1181/ jan-90 (Arqueológico, etnográfico e paisagístico); jan-90 (Histórico)	Conjunto Urbano/ Pirenópolis, GO: conjunto arquitetônico, urbanístico, paisagístico e histórico

Fonte: A autora.

Figura 20: Zoneamento Bioclimático brasileiro.



Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

Na segunda etapa para seleção da amostra, procurou-se selecionar dois municípios que apresentassem estilos arquitetônicos e características construtivas bem distintas. Foram escolhidos para esta pesquisa: a cidade de Goiás, representando a arquitetura em estilo colonial do século XVIII, e Brasília, representando a arquitetura moderna do século XX, conforme apresentado na Tabela 23. Brasília pertence à ZB 4 e Goiás à ZB 7. Essas duas ZBs representam 18,6% do território nacional, conforme apresentado na Figura 20.

Tabela 23: Municípios selecionados para pesquisa.

UF	Município/	Zona Bioclimática (ABNT, 2005)	Estilo Arquitetônico predominante	Ano de fundação do município/ século
GO	Goiás	ZB 7	Colonial	1724/XVIII
DF	Brasília	ZB 4	Moderno	1960/ XX

Fonte: A autora.

Para cada uma das cidades analisadas, foram escolhidos dois estudos de caso. Os edifícios escolhidos para avaliação da aplicabilidade do método da cidade de Goiás foram: Antiga Casa de Câmara e Cadeia (atual Museu das Bandeiras) e Sobrado Real Fazenda (atual Secretaria da Fazenda), conforme ilustrado na Figura 21. Já em Brasília foram escolhidos o Palácio da Justiça, que sedia o Ministério da

Justiça, e o Palácio do Itamaraty, que sedia o Ministério de Relações Exteriores, que estão ilustrados na Figura 22.

Figura 21: Edificações históricas na cidade de Goiás, Goiás: (a) Casa de Câmara e Cadeia e (b) Sobrado Real Fazenda.



Figura 22: Edificações históricas em Brasília, Distrito Federal: (a) Palácio do Itamaraty e (b) Palácio da Justiça.



Durante o processo de escolha, buscou-se preferencialmente por edificações públicas federais de uso administrativo ou destinado a prestação de serviços público. Isso porque, segundo a IN N°02 (BRASIL, 2014, p. 01), as edificações públicas federais são as primeiras a cumprirem a obrigatoriedade em certificação energética, incluindo:

[...] os imóveis construídos ou adaptados com recursos públicos federais para exercício de atividade administrativa ou para a prestação de serviços públicos, tais como edifícios administrativos, escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas, museus, instituições de pesquisa e outras instituições ou associações de diversos tipos.

Além disso, buscou-se prioritariamente que as edificações fossem tombadas individualmente ou na modalidade conjunto arquitetônico por apresentarem a declaração de significância cultural no parecer do seu tombamento. Visto que neste estudo não se propôs a investigar ou elaborar os valores de significância das edificações históricas. Assim, apesar da cidade de Goiás e da capital federal Brasília serem tombadas mundialmente por seu conjunto urbanístico, somente alguns são tombados individualmente.

Procurou-se ainda que as edificações na mesma cidade possuíssem volumetria, sistemas construtivos e época de construção semelhantes. No caso de Brasília, a disponibilidade de dados sobre o Palácio do Itamaraty em pesquisas anteriores (GRILLO, 2005; CINTURA, 2016) foi fundamental para escolha como estudo de caso. O Palácio da Justiça foi escolhido por apresentar semelhanças quanto à volumetria e sistemas construtivos com o Palácio do Itamaraty. No caso de Goiás, os edifícios públicos tombados individualmente possuem volumetrias diferentes. Assim, buscou-se uma volumetria comum (prisma predominantemente de base retangular) de referência. Assim, optou-se pelo Museu das Bandeiras e, posteriormente, foi escolhido o edifício da Secretaria da Fazenda, apesar deste último não apresentar tombamento individual, é um edifício expressivo localizado num dos principais largos da cidade histórica.

O Palácio do Itamaraty e seus anexos possuem tombamento federal na modalidade conjunto arquitetônico, o Palácio da Justiça e o Museu das Bandeiras possuem tombamento federal na modalidade edificação; e, por fim, a Secretaria da Fazenda, possui tombamento federal na modalidade conjunto urbanístico.

Ressalta-se que a ideia central da tese é testar o método proposto em casos distintos, visando avaliar a aplicabilidade do método em edificações com características construtivas e climáticas diferentes. Parte-se também do entendimento que cada edificação tem suas características e especificidades, não sendo o objetivo desta tese comparar os resultados de desempenho energético e melhoria de conforto ambiental entre os casos, mas sim identificar a viabilidade e dificuldades de aplicabilidade do método proposto em cada estudo de caso.

PARTE III

APLICAÇÃO DO MÉTODO E
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS



5. CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO EM GOIÁS

A caracterização das edificações históricas é apresentada contemplando diversos aspectos importantes para o *retrofit* energético, tais como, o clima e condições de conforto da cidade, história do lugar, uso e ocupação, materiais e sistemas construtivos, consumo energético, bem como aspectos formais e estéticos. Assim, realiza-se um diagnóstico do estado atual de cada um dos edifícios, possibilitando a definição das estratégias de *retrofit*, bem como entendimento dos principais atributos do patrimônio cultural que devem ser preservados em cada caso estudado.

5.1. Caracterização histórica, de significação cultural do clima da cidade de Goiás e do entorno das edificações históricas estudadas

5.1.1. Contextualização histórica da cidade de Goiás

O traçado dos primeiros núcleos urbanos no Brasil foi definido pelas características da ocupação espacial e da organização de cidades desenvolvidas em Portugal. Conforme apresentado por Coelho (2001b), este fato, decorre da colonização por Portugal e tendo sido ocupado em consonância com os interesses da Coroa portuguesa. Para Reis Filho (1969), a definição para localização das cidades era uma forma, ainda que discreta, de conter a dispersão da população pelo território, sendo estabelecida em pontos considerados estratégicos, funcionando, em todos os aspectos, como centros regionais.

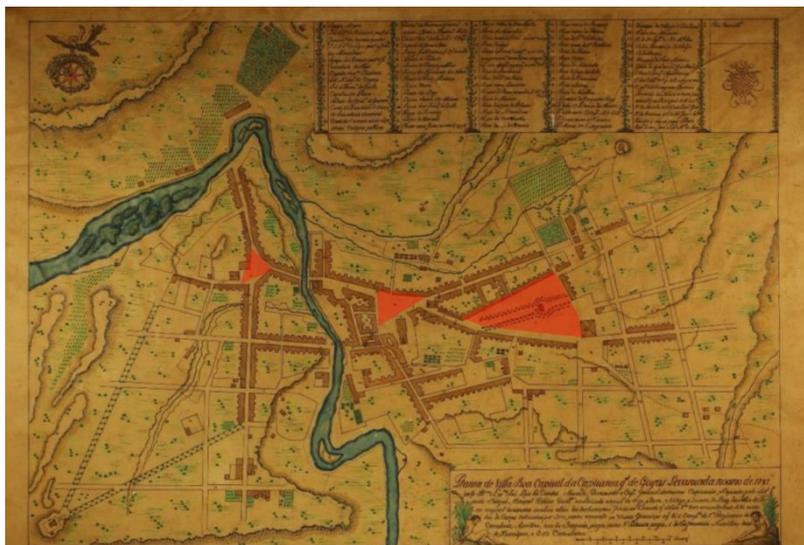
Desde a descoberta do Brasil e o início de sua colonização, o ouro sempre foi uma das grandes obsessões, tanto dos governantes portugueses quanto dos colonizadores que aqui se estabeleceram. A descoberta do ouro em Minas Gerais, no final do século XVII, e posteriormente em Mato Grosso, no início do XVIII, despertou o interesse pela procura de metais preciosos também no vazio territorial compreendido entre essas duas regiões (COELHO, 2001b).

Em 1682, inicia-se a ocupação pelos brancos dos sertões de Goiás e prolonga-se até 1684, quando foram descobertos pelo famoso Anhanguera e sua Bandeira, os primeiros sinais de ouro em território goiano. O filho do bandeirante, também chamado Bartolomeu Bueno, juntamente com sua bandeira, após retorno novamente ao local, funda em 1726 o Arraial de Sant'Ana, às margens do Rio Vermelho. A ocupação do território iniciou-se por um pequeno agrupamento urbano de habitações precárias, impulsionado pela retirada do ouro, passando na década seguinte, a basear-se nas ordens urbanísticas para organizar a vila de Goiás (MADEIRA, VALIO, 2007; LIMA, 2008).

Estas ordens mandavam que as casas fossem alinhadas de frente para a rua e que as ruas deviam ser retas. Em 1782, Goiás foi elevada à categoria de vila, recebendo o nome de Vila Boa de Goiás, já tendo então sido construídos os principais prédios públicos, como a Casa de Câmara e Cadeia, o Chafariz de Calda, o Palácio do Governo, a Casa da Fundação, assim também como suas principais igrejas. A vila já tinha também traçado o seu primeiro plano diretor. A malha urbana, com as casas alinhadas e as ruas, dentro do possível, retificadas, era estruturada por meio de três largos, verdadeiros terreiros triangulares, o do Chafariz e o da Matriz, à margem esquerda, e o do Rosário à margem direita do Rio Vermelho (MADEIRA, VALIO, 2007).

A Figura 23 apresenta a configuração da Vila Boa de Goiás no ano de 1782, com destaque da autora da tese em vermelho dos três largos de forma triangular: o do Rosário, o da Matriz, e o do Chafariz, apresentados nessa ordem da esquerda para a direita conforme a planta.

Figura 23: Planta de Villa Boa, 1782.



Fonte: MUBAM (2018, adaptado).

No século XIX, a cidade enfrenta um período de estagnação e decadência com a exaustão das minas de ouro. No entanto, mesmo que em ritmo menos acelerado ela se desenvolve, adaptando-se à outras atividades econômicas e mantendo-se como capital da província (PALACIM, 2001; MADEIRA,

VALIO, 2007; LIMA, 2008). Durante o período de transição, e até mesmo das novas atividades econômicas, a arquitetura reflete os impactos econômicos, reformam-se algumas fachadas ao gosto da época, abrem-se algumas ruas e pouco se constrói.

Mais tarde, chegam da Europa e da capital da colônia imagens e gravuras dos estilos arquitetônicos mais em voga, introduzindo em Vila Boa os estilos neoclássico, o eclético, e até o neogótico, representado pela Igreja do Rosário, reconstruída na década de 1920 no lugar onde existiu a antiga igreja do século XVIII. Já nas primeiras décadas do século XX, algumas residências são construídas ou reformadas com elementos artísticos de estilos surgidos na Europa, como o “art nouveau” (arte nova) e, posteriormente, do “art déco” (arte decorativa) aplicados às suas fachadas. Também o neocolonial foi adotado a partir de 1930 (MADEIRA, VALIO, 2007).

Na medida em que se considera a constituição histórica da cidade de Goiás, a formação e preservação do seu patrimônio histórico e a definição de centros emissores de turistas, é possível observar diferentes momentos ligados à evolução do núcleo urbano. O primeiro, o período colonial que resultou nas edificações militares (quartel), religiosas (igrejas) e de serviços públicos (chafarizes e casa de fundição). O segundo período, o Imperial, que resultou principalmente em obras públicas, tais como, hospital, escola, teatro, matadouro, cemitério e outros. E no período republicano, com as edificações isoladas. O esvaziamento da cidade de Goiás ocorreu quando a capital do Estado que ela sediava foi transferida para Goiânia na década de 1930 (CHAIM, 1987; COELHO, 2001a).

Diferentemente dos núcleos implantados do mesmo período, a cidade de Goiás apresenta elementos específicos que a destaca dos demais, apesar de pertencer a um conjunto de sítios urbanos de características coloniais, ou mesmo relativos à economia mineradora. Tanto a arquitetura pública quanto a privada, ainda que modestas, formam um conjunto entoadado, em virtude do coerente uso dos materiais locais e das técnicas vernaculares aplicadas, que promove uma continuidade arquitetônica em todo o sítio histórico. Salienta-se nesse sentido, a tipologia de técnica construtiva, a similaridade morfológica dos edifícios, a disposição das residências e a relação de cheios e vazios por ela gerada, as perspectivas urbanas, e a presença das heranças ibéricas e muçulmanas em sua conformação geral. (IPHAN, 1999; COELHO, 2001b).

Observa-se que, ao longo do tempo e com a mudança da capital para Goiânia na primeira metade do século XX, o isolamento do antigo núcleo da cidade foi de fundamental importância para sua preservação, fazendo com que houvesse um real interesse por parte dos órgãos de proteção do patrimônio. Isto levou, no decorrer da segunda metade do século, ao desenvolvimento de vários processos visando à preservação da cidade, indo desde a primeira intervenção, representada pelo tombamento de alguns monumentos e conjuntos na década de 1950, até ao reconhecimento de todo o

conjunto do núcleo original, por parte da UNESCO, como patrimônio da humanidade, em 2001 (IPHAN, 1999; COELHO, 2001b).

5.1.2. Aspectos urbanísticos de valoração da cidade de Goiás

A topografia e hidrografia marcam a paisagem urbana de Goiás, caracterizada pela presença do relevo e da vegetação, que configuram, juntamente com o ambiente urbano e suas construções, o valor da “paisagem cultural”, que é compreendida, no caso de Goiás, como a integração entre a arquitetura vernacular e sua relação com o território, a paisagem e o clima. Seguindo a tradição das cidades coloniais de não comportar áreas verdes públicas, a maior parte das áreas verdes do sítio histórico encontra-se nos quintais. Os largos hoje em dia receberam tratamento paisagístico e se transformaram em espaços de convivência, palco das relações sociais.

O tombamento de Goiás foi realizado em etapas sucessivas e ilustra a ampliação do conceito de patrimônio ao longo do tempo, transcrito pelas Cartas Patrimoniais. Na década de 1950 o entendimento de preservação estava ligado à ideia do “monumento”, portanto, muito direcionado apenas para a salvaguarda da produção da arquitetura colonial.²¹

No segundo momento do tombamento na Cidade de Goiás, na década de 70, amplia-se o tombamento abrangendo as duas margens do Rio Vermelho, área que passou a representar o roteiro histórico e artístico da cidade. Apesar da proteção ter mantida a temporalidade da primeira poligonal, século XVIII, com a inscrição de conjuntos arquitetônicos e urbanístico nos três livros do Tombo, houve uma ampliação da noção de preservação.²²

²¹ **Bens tombados na cidade de Goiás na década de 1950**

- 13/04/1950 - Tombamento da Igreja de Nossa Senhora da Abadia, Igreja de Nossa Senhora da Boa Morte, Igreja Nossa Senhora do Carmo, Igreja de Santa Bárbara, Igreja de São Francisco, Imagem de Nossa Senhora do Rosário, todos com inscrição no Livro do Tombo Histórico;
- 31/07/1950 - Tombamento da Casa do Antigo Quartel da XX Companhia (Quartel do Vinte), com inscrição no Livro do Tombo Histórico;
- 03/05/1951 - Tombamento da Casa de Câmara e Cadeia (atual Museu das Bandeiras), com inscrição no Livro do Tombo Histórico, e Tombamento do Palácio Conde dos Arcos, inclusive as armas de Portugal e dois bustos de pedra, com inscrição nos Livros do Tombo de Belas Artes e Histórico;
- 03/05/1951 - Tombamento do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico do Largo do Chafariz e da Rua da Fundação, com inscrição no Livro do Tombo de Belas Artes;
- 05/11/1953 - Tombamento da Igreja de São João Batista (Capela do Ferreiro), no Livro do Tombo de Belas Artes.

²² **Bens tombados na cidade de Goiás na década de 1970**

- 18/09/1978 - Tombamento do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico (extensão do tombamento) da cidade de Goiás, com inscrição nos Livros do Tombo das Belas Artes, Histórico e Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico;
- 18/09/1978 - Tombamento do Conjunto Arquitetônico e Urbanístico da Rua da Fundação e do Largo do Chafariz (inclusive o Chafariz da Boa Morte), com inscrição no Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico.

Nas décadas seguintes, as Cartas Patrimoniais levantavam a necessidade de reconhecer no meio ambiente do homem dotar um significado também cultural, sendo de grande importância para que a paisagem, os bens de natureza material e imaterial e os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico e arqueológico também fossem considerados objetos de proteção.

Na década de 2000, com este novo entendimento, a cidade de Goiás vai ter dois reconhecimentos importantes: seu reconhecimento como Patrimônio Mundial pela Unesco²³ e a ampliação de seu perímetro tombado, englobando também um conjunto harmonioso de casas acima do Museu das Bandeiras, além das áreas onde se situam as chácaras.

Como embasamento para seu reconhecimento como Patrimônio Mundial está a integridade original do traçado urbano, as características arquitetônicas vernaculares, a especificidade das técnicas construtivas utilizadas, a singularidade e autenticidade excepcionais e a existência de um todo harmonioso no conjunto existente. A possibilidade de flexibilização do traçado urbano permitiu a configuração de arranjos espaciais, integrando a cidade à paisagem, como um exemplo de implantação adaptada às barreiras do clima, geografia e cultura do interior do Brasil, utilizando materiais e técnicas locais. A cidade foi considerada ainda como o único testemunho íntegro, autêntico e original da ocupação do interior do país, bastante preservado – da sua arquitetura à paisagem natural que a circunda.

A “Declaração de Valor” atestada no Dossiê (IPHAN, 1999) de proposição para a inscrição da cidade junto à Unesco pautou-se principalmente no valor histórico:

A construção do território brasileiro foi realizada a partir do espaço delimitado pela costa atlântica e pela linha do Tratado de Tordesilhas, que foi progressivamente estendida até os rios da Prata e Paraguai, culminando com a ocupação do interior. Da periferia para o centro. Os primeiros responsáveis por essa construção foram os bandeirantes paulistas que, em busca de ouro, ocuparam o que constituem hoje os Estado de Goiás, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Das duas primeiras capitais que marcaram o começo dessa aventura, Cuiabá [...] e Goiás [...], apenas Goiás conservou uma estrutura urbana e arquitetura que remontam ao século XVIII, e a paisagem que a cerca permaneceu idêntica àquela encontrada pelos bandeirantes. Goiás é assim a última testemunha desse capítulo fundamental da história do Brasil (IPHAN, 1999).

Ainda de acordo com o Dossiê (IPHAN, 1999), a cidade de Goiás é um importante núcleo da arquitetura vernacular apresentando valor universal único, compreendendo essa arquitetura como

²³ Em 23/03/2001 um comitê do ICOMOS avaliou tecnicamente que a cidade de Goiás era merecedora do título. Em 27/06/2001 uma parte dos membros da UNESCO deliberou favoravelmente pelo título. Em 21/12/2001 o título foi homologado em Helsinque.

“expressão fundamental da cultura da coletividade, de suas relações com o território e, ao mesmo tempo, a expressão da diversidade cultural do mundo”. O vernacular em Goiás, que interpretou a arquitetura erudita, produziu uma “obra-prima de arquitetura simplificada, com extrema graça, beleza e caráter”.

Em Goiás, a arquitetura utilizou técnicas e materiais como o adobe, a taipa de pilão e o pau-a-pique, dando harmonia à sua tipologia urbana, sendo assim caracterizada:

O casario em Goiás é [...] construído, predominantemente, de edificações térreas, com telhado de duas águas. Coladas umas às outras, seus vãos se dispõem em ritmos contínuos e suas frontarias são coroadas por beirais sacados apoiados em cimalha ou cachorrada. [...] A graça e o pitoresco dessa arquitetura, funcional para a sociedade da época, revelam-se principalmente na flexibilidade dos alinhamentos dos logradouros e na descontinuidade que ocorrem nas sequências de frontarias e nos panos dos telhados. [...] No final do século XIX e nos primeiros anos do XX, quando, no período em que houve certa retomada econômica, ocorreram modificações tímidas no acervo arquitetônico [...]. Essas alterações, no entanto, não chegaram a agredir o conjunto urbano da cidade, pois que não houve alteração de volume, de escala e de colorido em relação ao acervo primitivo edificado, além de se terem disposto, na maioria, em uns poucos arruamentos (IPHAN, 1999, Anexo VI, p. 7).

Essas técnicas e materiais tradicionais foram muito utilizados em Goiás “não apenas nas arquiteturas vernaculares, mas também em quase todas as oficiais e religiosas” (IPHAN, 1999, Anexo V), incluindo nesses dois casos o uso da pedra.

Estendendo a preservação, em 2001, foi realizada a rerratificação ampliando o tombamento para algumas áreas consolidadas no século XIX e para áreas de chácaras presentes no sítio histórico em 2004. A poligonal de tombamento passou a incorporar mais 300 bens imóveis e seis chácaras urbanas que contornam a cidade, formando o “cinturão verde” de proteção.

Em suma, destacam-se na valoração:

1. **os condicionantes históricos e referenciais urbanos:** a relação entre a cidade e o Rio Vermelho e entre a cidade e as estradas que ligavam São Paulo e Cuiabá; as pontes que ligam as duas margens dos rios; os cones visuais formados pelos morros; os largos; e os edifícios significativos;
2. **o relevo e condicionantes naturais:** relevo acidentado; vegetação nos morros; matas ciliares, acompanhadas de bordas de macega ou capoeirões; a Serra Dourada; o Rio Vermelho; Córrego Manuel Gomes e o Córrego da Prata;
3. **a caracterização da arquitetura e concentração de bens de interesse:** a arquitetura vernacular; a harmonia do conjunto arquitetônico/urbanístico;

4. **o gabarito e forma de implantação:** o predomínio de edificações térreas, sendo raros os edifícios com dois ou mais pavimentos; a padronização no que se relaciona à implantação dos edifícios, todos eles construídos sobre os limites frontal e laterais dos terrenos, o que permite a criação de um alinhamento que conforma não só as ruas, mas também direciona a visão do observador;
5. **os referenciais atuais:** a supremacia de algumas vias sobre outras, configurando-se como “portas de entrada” para a área protegida, e outras que são as principais vias de circulação de veículos dentro do centro histórico; as praças, pois é ao redor delas que se localizam muitos edifícios de interesse de preservação.

Dentre os edifícios de interesse histórico, destacam-se o conjunto de igrejas implantadas na área protegida, importantes exemplares da arquitetura religiosa do interior do Brasil do século XVIII, como também os edifícios oficiais. Neste conjunto de edifícios, quatro se destacam, sendo todos utilizados atualmente como museus: Casa de Cora Coralina, Palácio Conde dos Arcos, Museu de Arte Sacra (implantado na antiga Igreja da Boa Morte), e Museu das Bandeiras, na antiga Casa de Câmara e Cadeia.

5.1.3. Aspectos geográficos e climáticos da cidade de Goiás

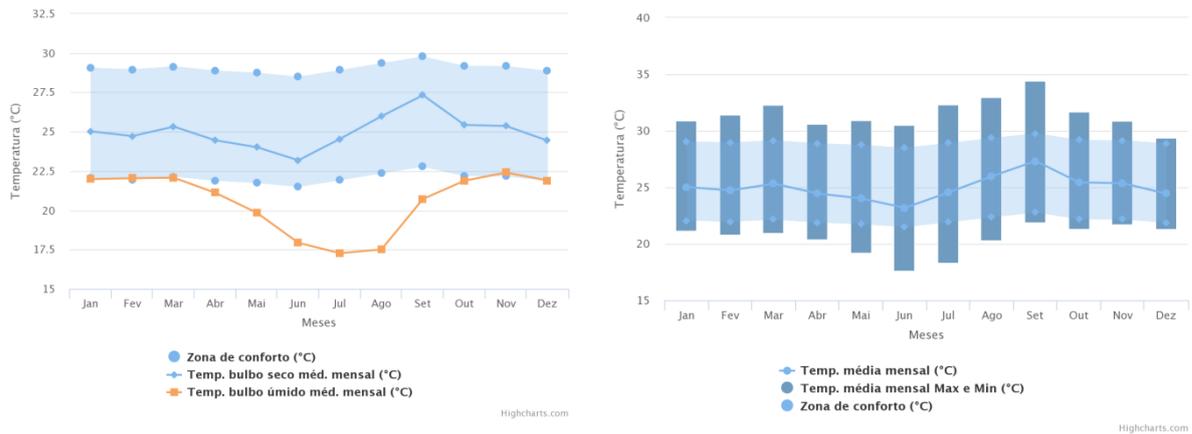
Situada no alto do vale do Rio vermelho, na porção oeste do Estado de Goiás, a cidade de Goiás está assentada em uma situação geográfica complexa e acidentada, circundada por morros. Ao Sul localiza-se a Serra Dourada, a Leste, o Morro São Francisco; e a Norte, o Morro do Cantagalo e o Morro das Lages. Os elementos hidrográficos também são significativos, destacando-se o Rio Vermelho, que atravessa o perímetro urbano, dividindo o núcleo pioneiro em duas partes. Ainda existem alguns córregos, seus afluentes, que cortam a cidade, sendo mais relevante o Córrego Manuel Gomes, que margeia a cidade a leste, desembocando no Rio Vermelho dentro do centro histórico, próximo da ponte da Lapa; o Córrego da Prata, que até a década de 1950 foi uma barreira limítrofe do traçado urbano; e o Córrego Bacalhau, sendo no século XVIII um povoamento garimpeiro, distante cerca de 3 km do centro da cidade e que teve suas margens ocupadas quase que simultaneamente à cidade.

O clima da cidade é o tropical com estação seca no inverno conforme a classificação Köppen-Geiger (CARDOSO, MARCUZZO, BARROS, 2015). Classifica-se na zona bioclimática 7 da NBR 15220 (ABNT, 2005), que corresponde ao clima quente e seco, com chuvas escassas (FERREIRA, SOUZA, ASSIS, 2014).

Segundo dados climáticos do INMET 2016 (PROJETEEE, 2017), Goiás possui temperatura média mensal máxima de 34,39°C em setembro e temperatura média mensal mínima de 17,57°C em junho, e

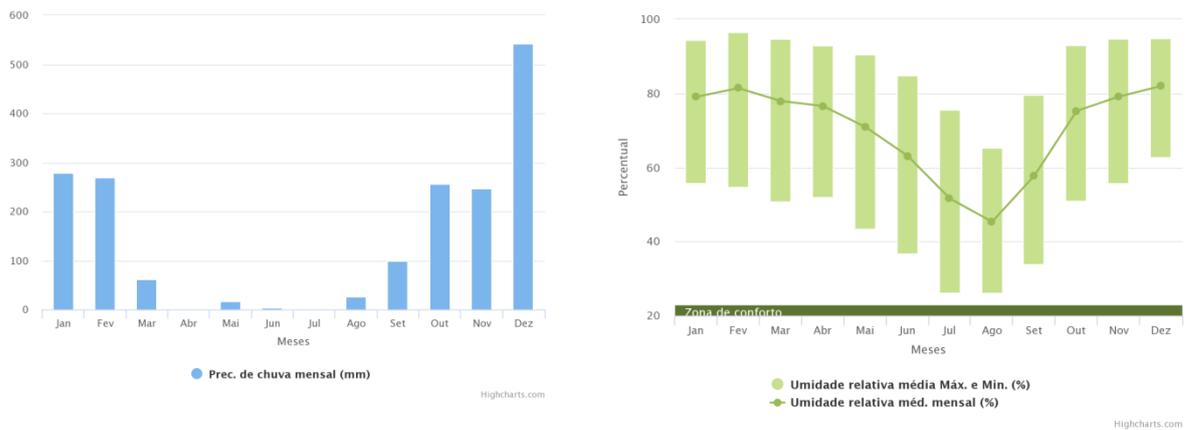
apresenta amplitude térmica média diária de 11°C (Figura 24). O período entre maio a setembro apresentam valores de precipitação das chuvas mais baixos ao longo do ano e nos meses de junho a setembro a umidade relativa apresenta valores médios inferiores a 60% (Figura 25). A radiação global horizontal máxima diária varia de 751,73 Wh/m² a 944,58 Wh/m² ao longo do ano (Figura 26) e a fachada norte é a que possui maior incidência solar (Figura 27). Os ventos predominantes são Nordeste com velocidade predominante de 2 m/s (Figura 28).

Figura 24: Gráficos de temperatura e zona de conforto térmico de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



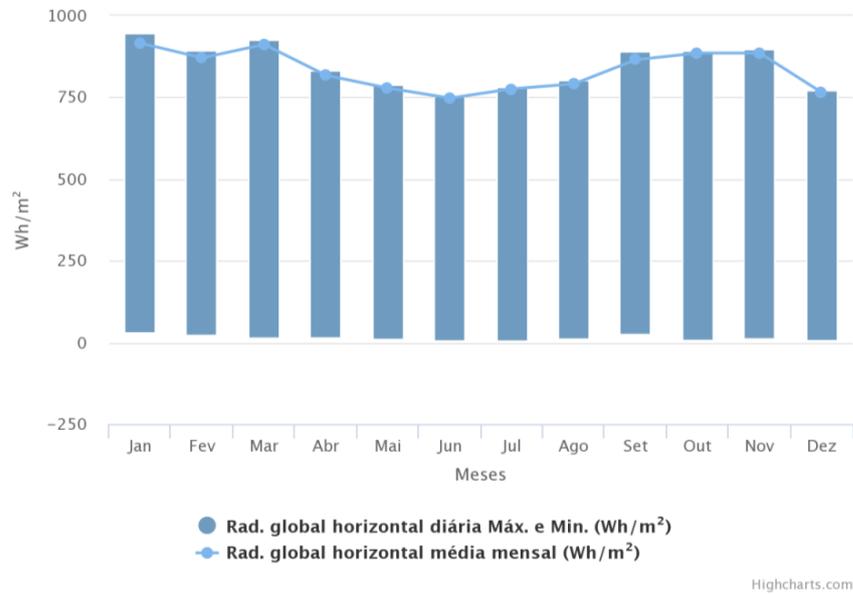
Fonte: Projeteee (2017).

Figura 25: Gráfico de precipitação de chuva e gráfico de umidade relativa de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



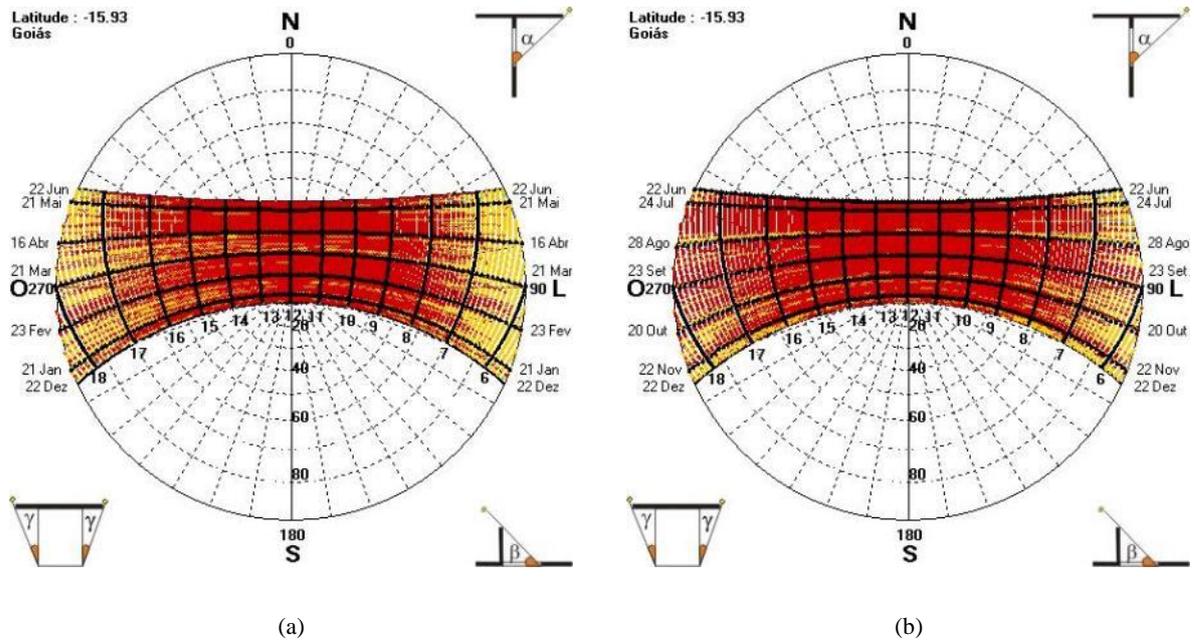
Fonte: Projeteee (2017).

Figura 26: Gráfico da radiação global horizontal diária máxima e mínima mensal com valores médios de Goiás baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



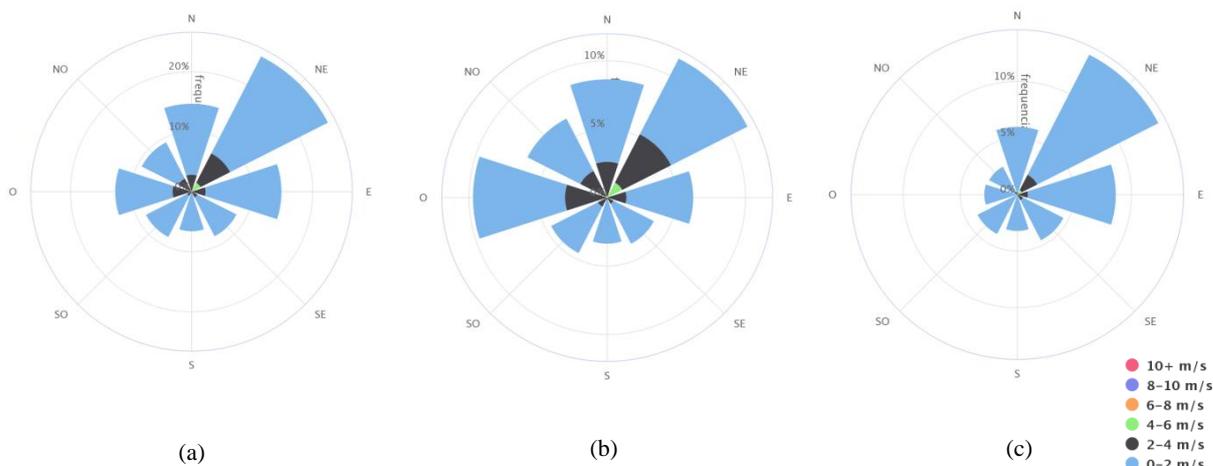
Fonte: Projeteec (2017).

Figura 27: Carta solar de Goiás (a) até 21 de junho e (b) após 21 de junho, baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



Fonte: Projeteec (2017).

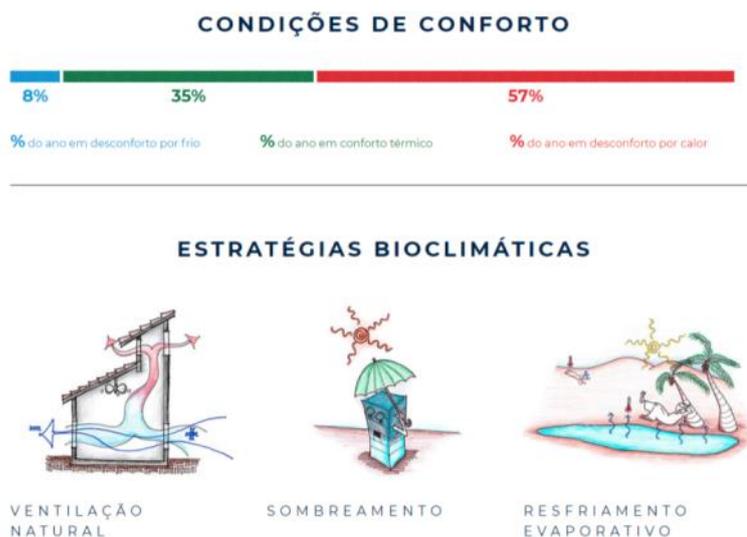
Figura 28: (a) Rosa dos ventos de Goiás, rosa dos ventos (b) de dia e (c) a noite baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



Fonte: Projeteee (2017).

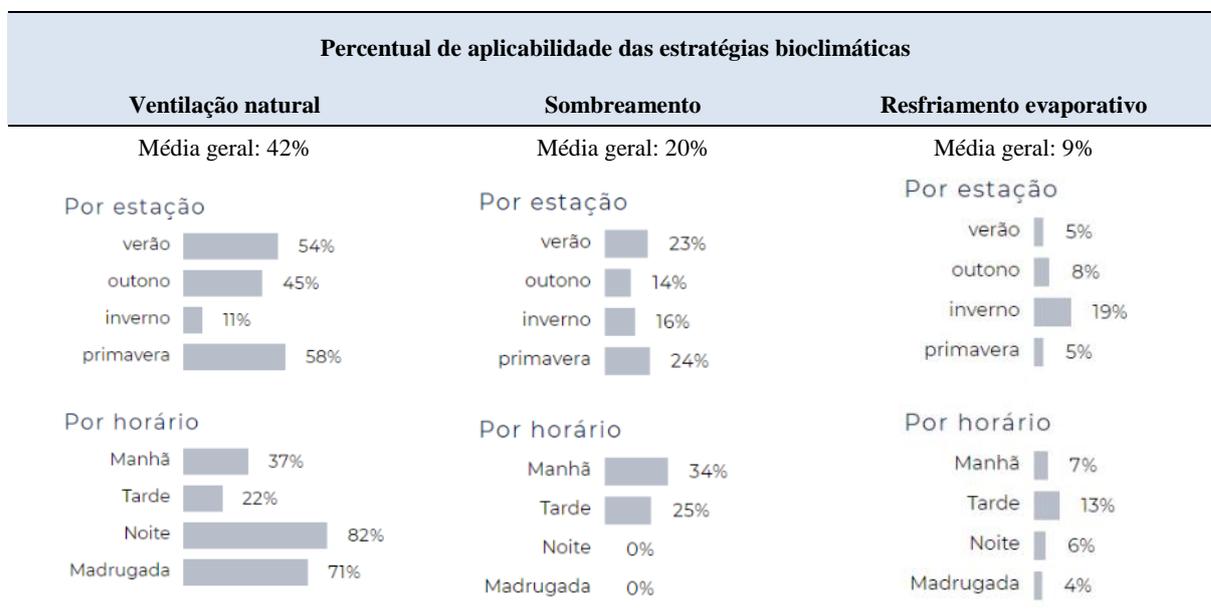
Segundo Projeteee (2017), Goiás apresenta por ano em média 8% em desconforto por frio, 57% em desconforto por calor, e 35% em conforto térmico, sendo as principais estratégias bioclimáticas recomendadas para este contexto à ventilação natural, o sombreamento, e o resfriamento evaporativo, conforme apresentado na Figura 29. O percentual de aplicabilidade de cada uma dessas estratégias é apresentado na Tabela 17. Outras estratégias são também aplicáveis como a inércia térmica para aquecimento no outono e a inércia térmica para resfriamento no verão, primavera e inverno. A Tabela 18 mostra as principais estratégias bioclimáticas de acordo com as estações do ano.

Figura 29: Condições de conforto anual e principais estratégias bioclimáticas para Goiás



Fonte: PROJETEEEE (2017)

Tabela 17: Percentual de aplicabilidade das estratégias bioclimáticas em Goiás



Fonte: Adaptado de PROJETEEE (2017)

Tabela 18: Condições de conforto por estação do ano e principais estratégias bioclimáticas para Goiás

Estação do ano	% em desconforto por frio	% em conforto térmico	% em desconforto por calor	Principais estratégias bioclimáticas
Verão	0	17	83	Ventilação natural Sombreamento Inércia térmica para resfriamento
Primavera	0	28	72	Ventilação natural Sombreamento Inércia térmica para resfriamento
Inverno	12	60	28	Resfriamento evaporativo Sombreamento Inércia térmica para resfriamento
Outono	16	36	48	Ventilação natural Inércia térmica para aquecimento Sombreamento

Fonte: Adaptado de PROJETEEE (2017)

A estratégia de ventilação natural contribui para a diminuição da temperatura interior e ainda para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. A circulação de ar tem também implicações

em termos de conforto térmico, ao incentivar perdas de calor por convecção e evaporação nos usuários.

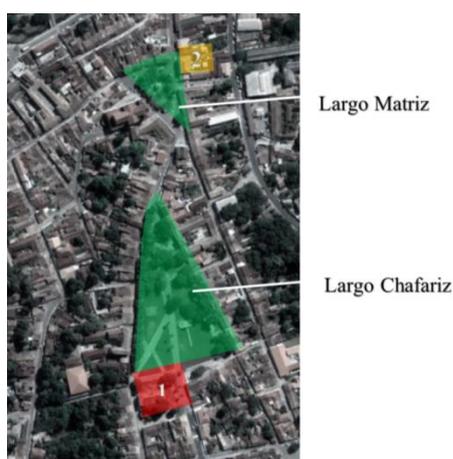
A estratégia de sombreamento pode ser feita através das proteções solares para controle de radiação solar. Ao projetar proteções solares deve-se pensar também na sua influência sobre a luz natural e a visibilidade pra o exterior. É possível que uma proteção solar não seja suficiente para sombrear adequadamente uma abertura. Na fachada oeste, por exemplo, um brise adequado às necessidades de sombreamento no verão deveria, em alguns casos, bloquear completamente a radiação solar. Em algumas horas da tarde o sol estará quase perpendicular à fachada, o que induziria a uma proteção que praticamente obstruísse a abertura. Do ponto de vista da iluminação, isto significa um sério problema para o ambiente interno, que necessitará de luz artificial mesmo durante o dia (LAMBERTS, DUTRA, PEREIRA, 2004).

A estratégia de resfriamento evaporativo baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor, em outras palavras, consiste na retirada de calor do ar seja pela evaporação de água ou pela evapotranspiração das plantas.

5.1.4. Localização e implantação das edificações históricas na cidade de Goiás

As edificações em estudo se localizam em locais de importância histórica dentro do centro histórico da Cidade: o Museu das Bandeiras no Largo do Chafariz e a Secretaria da Fazenda localiza-se no Largo da Matriz, como apresentado na Figura 30.

Figura 30: Localização Museu das Bandeiras (1) e Secretaria da Fazenda (2).



Fonte: Google maps (2018, adaptado).

O Largo do Chafariz é o maior e principal largo de Goiás, foi demarcado para sediar a antiga Vila Boa. O Largo do Chafariz constitui-se como um dos primeiros espaços criados dentro da cidade, ainda

no século XVIII. Ali estão edifícios significativos, tais como, o Museu das Bandeiras (antiga Casa de Câmara e Cadeia), o antigo Quartel do XX, construídos no século XVIII, o Colégio Sant'Ana, construído no século XIX e em funcionamento até hoje, e a sede dos Correios. Apesar dos significativos edifícios institucionais existentes, o largo é majoritariamente ocupado por edifícios residenciais e térreos. Apresenta hoje um dos melhores conjuntos preservados com características coloniais da cidade de Goiás. Apesar de alterações feitas, como é o caso do Colégio Sant'Anna e de algumas demolições na área do mesmo colégio, em geral tanto a preservação quanto a manutenção das edificações são elogiáveis.

A amplitude do Largo do Chafariz é claramente percebida quando se está nos gramados centrais do largo e principalmente na parte de topografia mais alta, próximo ao Museu das Bandeiras. A vegetação que circunda o largo, assim como a linha de edificações cria uma moldura para o mesmo. Este se destaca dos demais espaços urbanos da cidade em virtude, principalmente, desta linha verde sombreando as vias, um elemento raro dentro da cidade. De um modo geral as edificações estão bem conservadas e mantêm as características arquitetônicas típicas da arquitetura goiana dos séculos XVIII e XIX.

O Largo da Matriz, conhecido como Praça da Liberdade, mais conhecida como Praça do Coreto, também é um dos maiores referenciais histórico e urbano da cidade. No entorno da praça é possível identificar a presença de edificações de vários tempos, numa mescla entre edifícios comerciais, institucionais, religiosos e residenciais de estilos arquitetônicos variados. Nela estão implantadas algumas das mais importantes edificações históricas da cidade e relevantes até a atualidade, como a Igreja Matriz (Catedral de Santana), o Palácio Conde dos Arcos (sede do governo desde a época da província até a mudança da capital para Goiânia e hoje transformado em museu), a Igreja da Boa Morte (hoje Museu de Arte Sacra) e a Casa da Real Fazenda (hoje sede da Secretaria de Estado da Fazenda na cidade).

O peso urbano e histórico do Largo da Matriz faz com que ela seja, até hoje, um referencial na cidade com uma função muito atrelada ao lazer. Configura-se rotineiramente como principal ponto de encontro entre os moradores da cidade e fica tomada por moradores e visitantes em períodos festivos, como o carnaval, Semana Santa e o FICA, por exemplo. No largo todo o calçamento é de pedra, tanto das ruas, quanto dos becos e calçadas, o que não impede o constante fluxo de pessoas e, conseqüentemente, o estacionamento de veículos ao redor da praça e nas calçadas.

5.2. Museu das Bandeiras

5.2.1. Aspectos históricos e de valoração do Museu das Bandeiras

O prédio da antiga Casa de Câmara e Cadeia, que hoje abriga o Museu das Bandeiras, é um dos melhores exemplos da arquitetura oficial civil portuguesa no Brasil e o mais significativo do Centro-Oeste. A primitiva Casa de Câmara e Cadeia deveria existir pelo menos a duas décadas, quando os oficiais da Câmara solicitaram ao rei D. João V a autorização para construção de nova cadeia e pelourinho em Vila Boa, conforme documento encontrado no acervo referente a Goiás do Arquivo Histórico Ultramarino (AHU, 2018).

Em 18 de julho de 1766, as obras da nova Casa de Câmara e Cadeia estavam praticamente concluídas. O ouvidor geral de Goiás, desembargador Antônio José de Araújo e Sousa, remeteu de Vila Boa ao rei D. José I a planta do novo prédio, provavelmente para ilustrar ao soberano português o que havia sido feito. O que parece indicar que o projeto da Casa de Câmara e Cadeia não foi feito em Portugal, mas sim no Brasil, talvez elaborado em plena Vila Boa, capital da capitania de Goiás. Para José Leme Galvão Junior, é possível que o projeto tenha sido enviado do Rio de Janeiro, também não descarta a possibilidade de ter se originado em Lisboa (IPHAN, 2018).

Para a construção da nova cadeia foi necessário a demolição da anterior, sugerindo que o novo prédio foi edificado sobre as bases do antigo, é o que revela o ofício-resposta enviado em 30 de abril de 1765 pelo governador João Manoel de Mello ao desembargador Manuel da Fonseca Brandão, em trecho transcrito, a seguir. O novo empreendimento suscitou arranjos necessários para resolver o destino dado aos presos. Talvez por medida de segurança, o primeiro cômodo construído foi a casa forte, a enxovia, destinada ao confinamento dos presos considerados autores de crimes graves, enquanto os demais aguardavam o término das obras encarcerados em casas alugadas (AHU, 2018).

O edifício está relacionado entre as relevantes edificações históricas construídas no Brasil colonial voltadas para a função de cárcere e assembleia, atesta tal fato o importante estudo realizado pelo arquiteto Paulo Tedim (BARRETO, 1978), no qual descreve as origens, o programa e as técnicas construtivas das Casas de Câmara e Cadeia.

A parte superior do edifício é formada por salões que atendiam as necessidades administrativas e judiciárias da Vila Boa de Goiás. Na sua parte inferior situava-se a cadeia, com duas enxovias, as celas individuais e a casa de armas. As paredes externas e internas são de taipa de pilão, entremeadas com pedras para dar segurança desejada à cadeia. Nas enxovias, forradas de vigas de madeira, as paredes têm 80 cm de espessura. O prédio funcionou como cadeia até 1950, quando foi doado ao Patrimônio Histórico que o transformou em Museu.

O Museu das Bandeiras foi criado em 1954, pelo então Departamento do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - DPHAN, hoje Iphan. O núcleo inicial do seu acervo foi constituído pelo próprio edifício e pelo arquivo documental da Fazenda Pública da Província de Goiás. Esse conjunto de documentos representa uma das fontes de informação mais importante sobre a administração pública da região Centro-Oeste no período colonial, Império e República, sendo enriquecido por aquisições e doações de móveis, utensílios e equipamentos, pratarias e outros objetos dos séculos XVIII, XIX e início do XX (GALVÃO JÚNIOR, 2018).

Assim, destacam-se como elementos de valoração do edifício, além de todas as características que o qualificam como parte do conjunto tombado, sua implantação no largo enquanto edifício oficial, sua monumentalidade, comparado ao casaril do entorno imediato, sua materialidades composta pelas técnicas construtivas e materiais utilizados em sua construção, dando destaque para a taipa de pilão composta com pedras, as grades nas janelas, a espessura das alvenarias, o sistema estrutural em gaiola, o ritmo das esquadrias nas fachadas, a pintura a cal, o telhado colonial, os pisos em madeira e as disposições dos ambientes, que refletem diretamente o uso do edifício.

5.2.2. Caracterização geral do Museu das Bandeiras

O Museu das Bandeiras é uma edificação de dois pavimentos com características da arquitetura colonial. Foi construído com sua fachada principal voltada para o Largo do chafariz e apesar de aparentar o volume de um prisma de base retangular ao ser observado por fora, o edifício possui base poligonal em formato de “L”.

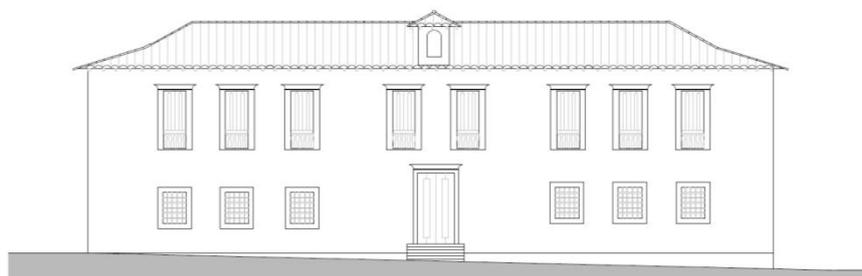
A cobertura possui uma cumeeira e 4 águas principais com beiral de aproximadamente 90 cm com altura padrão nas fachadas principal e laterais. A fachada posterior possui duas alturas de beiras distintas visto que a água foi prolongada para cobrir o volume sobressalente do edifício. Foi criada uma pequena cumeeira sobre a parede da fachada oeste para manter a altura de beiral constante, como pode ser observado na Figura 31.

Não há edificações justapostas ao museu e o seu terreno é todo circundado por vias públicas, o que lhe confere destaque na paisagem urbana. O terreno é composto pela edificação principal um pátio arborizado e um edifício anexo, conforme ilustrado na Figura 32.

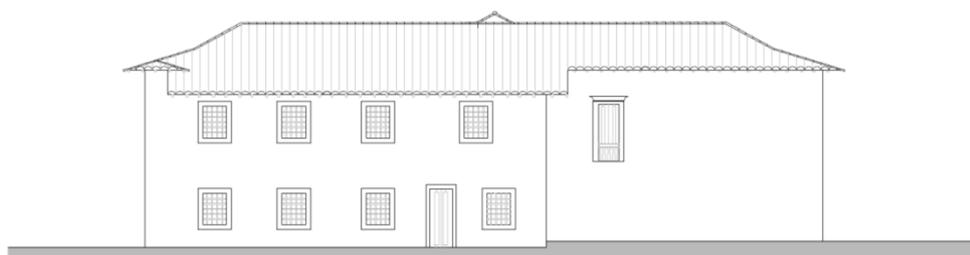
O acesso principal ao edifício ocorre ao centro da fachada norte através de escada externa de pedra. Há outro acesso na lateral leste do terreno criado recentemente para conferir acessibilidade aos cadeirantes e pessoas com dificuldade de locomoção. Essas pessoas acessam o terreno pelo pátio interno e entram no edifício pela fachada sul.

Figura 31: Fachadas do Museu das Bandeiras.

Fachada Norte



Fachada Sul



Fonte: A autora.

Figura 32: Plantas do Museu das Bandeiras.

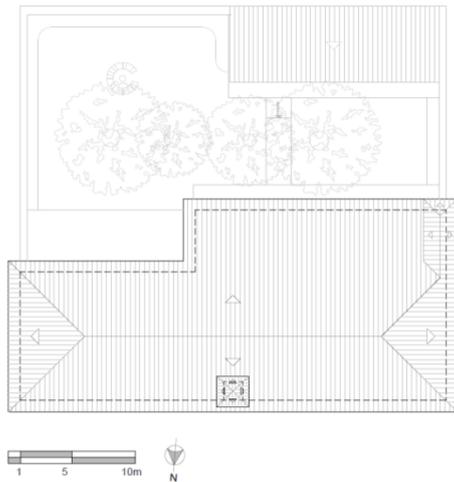
Planta do pavimento Térreo



Planta do pavimento Superior



Planta de cobertura

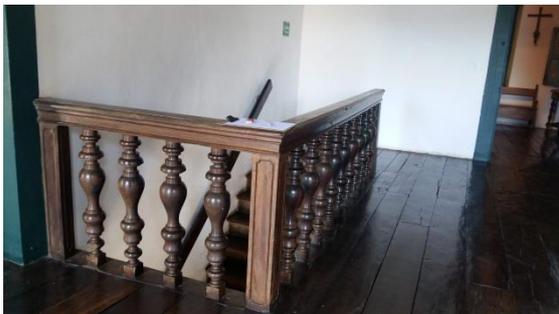


Fonte: A autora.

O pavimento térreo é constituído por um *hall* de entrada para recepcionar os visitantes do museu, por várias salas de exposição e por ambientes de circulação vertical e de acesso ao fundo do terreno, onde existe um pátio interno arborizado e um edifício anexo. Nesse há sanitários, copa e uma sala administrativa. Já o pavimento superior é composto por várias salas administrativas, de arquivo e de pesquisa. Alguns ambientes são restritos ao acesso do público em geral.

A circulação vertical do edifício ocorre por escada e cápsula elevatória, conforme ilustrada nas Figura 33 e na Figura 34. A escada de acesso ao pavimento superior é toda em madeira e possui lance único, vencendo o desnível de 5,10 metros entre pavimentos. O seu guarda-corpo é do mesmo material e possui balaústres ornamentais. Além dessa escada, no ambiente da enxovia tem um alçapão de acesso ao pavimento superior que se dava por uma escada tipo marinheiro e era utilizada na época que funcionava como Casa de Câmara e Cadeia. Recentemente, foi instalada uma cápsula elevatória para acessibilidade, a qual foi especificada no projeto de restauro do Programa Monumenta no início do século XXI.

Figura 33: Detalhes da escada principal de acesso ao pavimento superior no Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

Figura 34: Cápsula elevatória, escada de acesso ao alçapão do piso superior do Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

O piso do pavimento superior é um tabuado em madeira apoiado sobre vigas de madeira, já no pavimento térreo tem o lajeado de pedra ou de madeira. As paredes internas são revestidas de pintura branca, com exceção dos ambientes de enxovia (celas da cadeia) que possuem revestimento em tábuas de madeira. Na Tabela 24 são apresentadas algumas informações e características gerais da edificação.

Tabela 24: Características gerais do Museu das Bandeiras.

MUSEU DAS BANDEIRAS/ CASA DE CÂMARA E CADEIA	
Tipologia: arquitetura oficial	Áreas
Uso original: Casa de Câmara e Cadeia	Pavimento térreo: 436,77 m ²
Uso atual: Museu das Bandeiras	Pavimento superior: 436,77 m ²
Época da construção: 1766	Área total construída edifício principal: 873,54 m ²
Número de pavimentos: 2, pavimento térreo e superior	
Altura da fachada: 11,45 metros (sem alicerce e com o telhado)	
Largura: 33,50 m	
Profundidade: 15,05 m	
Cobertura: telhado 4 águas com telha cerâmica.	
Fechamento vertical: Paredes externas e internas são de taipa de pilão, entremeadas com pedras. Esquadrias em madeira e vidro simples. Portas e janelas de abrir.	
Estrutura: Paredes em taipa de pilão, estrutura da cobertura em madeira, alicerce de alvenaria de pedra.	

Fonte: A autora.

5.2.3. Caracterização da envoltória do Museu das Bandeiras

O edifício, em geral, possui cobertura em telha cerâmica, paredes de taipa de pilão e esquadrias em madeira e vidro simples, que na fachada principal, formam uma composição simétrica, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35: Fachadas do Museu das Bandeiras.

Fachada Leste



Fachada Oeste



Fachada Norte



Fachada Sul

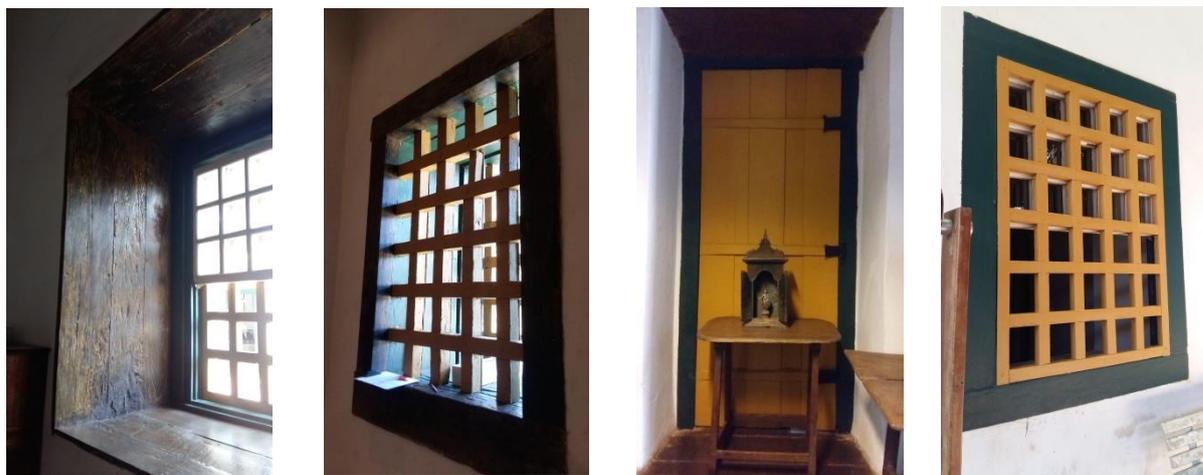


Fonte: A autora.

As paredes externas do Museu das Bandeiras são compostas predominantemente por paredes de taipa de pilão pintadas de branco apresentando diversas espessuras (75 cm a 95 cm). Algumas paredes internas são de pau-a-pique.

No pavimento superior são utilizadas janelas balcão de folhas de abrir em madeira e não possui elementos transparentes. As demais janelas são caracterizadas pelo desenho retângulo e pelo uso de uma quadrícula em madeira. As janelas dos ambientes, em geral, são do tipo guilhotina com uso de vidro incolor simples. Outro modelo de abertura existente são requadros com grades vazadas no formato de malha quadrangular nas enxovias, apenas recentemente foi instalada uma folha de vidro fixa. As cores utilizadas nas esquadrias são o branco, amarelo e verde bandeira, conforme ilustrado na Figura 36.

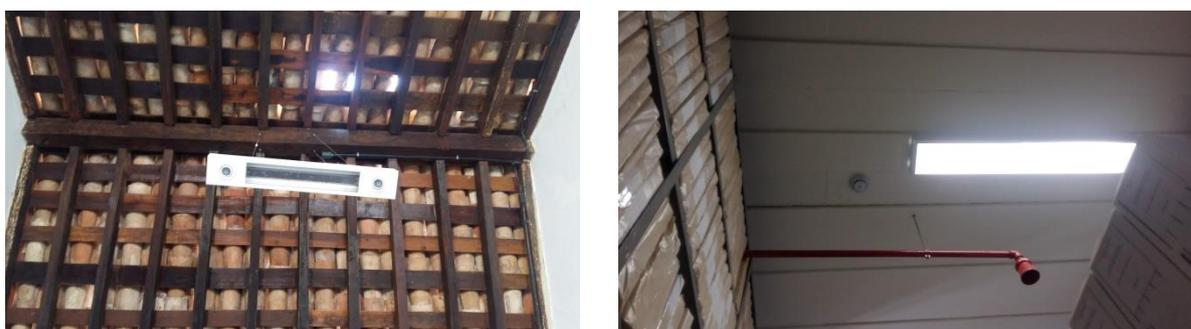
Figura 36: Exemplos de esquadrias das fachadas do Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

A cobertura é constituída por telhas cerâmicas apoiadas em trama e vigas de madeira, forro de madeira e manta térmica, a qual foi instalada posteriormente. No ambiente central do pavimento superior, onde fica a escada, é possível observar o madeiramento e as telhas da cobertura que ficam expostos para registro dos visitantes, diferentemente dos outros ambientes que possuem forros pintados na cor branca, como mostrado na Figura 37. O único ambiente que possui forro inclinado e sem pintura (em cedro) no pavimento superior é o ambiente do oratório onde fica a cápsula elevatória

Figura 37: Detalhes da cobertura e do forro do pavimento superior no Museu das Bandeiras.



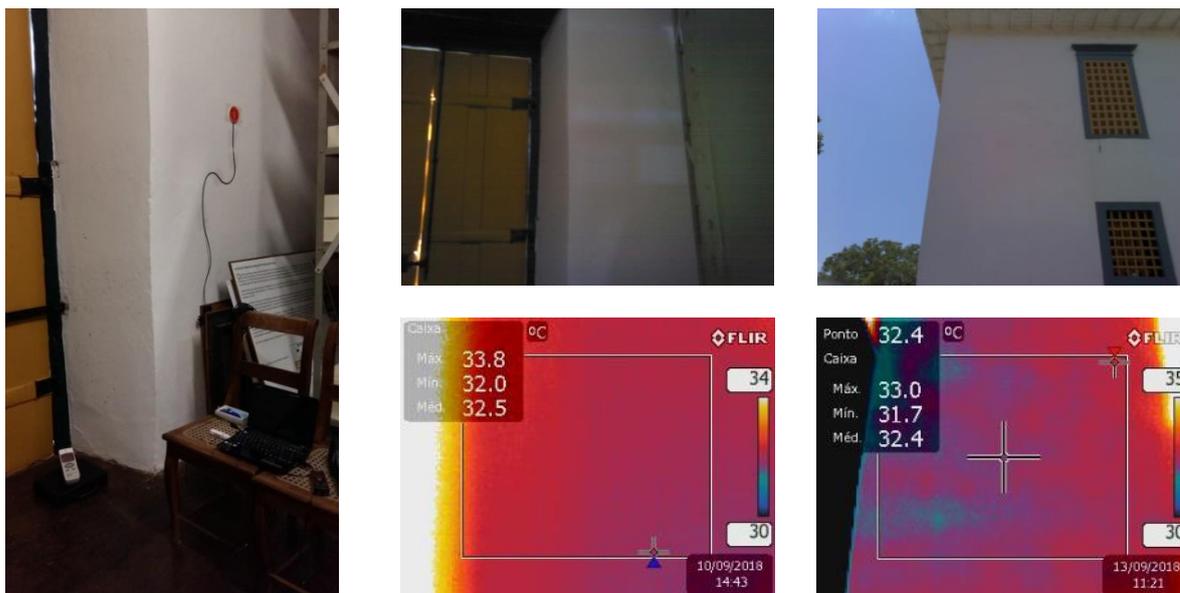
Fonte: A autora.

Em relação às propriedades térmicas da cobertura foi considerado como referência os dados do Anexo V do RAC (BRASIL, 2010b). O valor de absorvância térmica da cobertura considerado foi de 0,75 relativo à cor telha, que está acima do valor recomendado para a ZB 7 ($\alpha < 0,50$) para classificação nível A de eficiência energética. A transmitância térmica da cobertura (Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar > 5 cm fluxo descendente+ isolamento térmico + forro de madeira 2 cm)

corresponde a $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, o que atende ao máximo de $2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para ambientes não condicionados conforme estipulado pelo RTQ-C (BRASIL, 2010a).

Para as paredes de taipa de pilão foram realizadas medições *in situ* tanto para transmitância térmica, como para absorvância térmica. Foi escolhida uma parede da fachada oeste do pavimento superior, onde fica atualmente o arquivo do museu para a realização do ensaio. Para escolha da região da parede, foi utilizada a câmera termográfica para identificação de áreas homogêneas, conforme ilustrado na Figura 38. As medições do fluxo de calor, da temperatura ambiente interna e externa ocorreram de hora em hora durante sete dias corridos, conforme ilustrado na Figura 39. A partir dos dados levantados de fluxo de calor, temperatura do ambiente interno e externo, foi possível obter os valores de transmitância e resistência térmica conforme apresentado na Tabela 25. Apesar de apresentar os valores por período de medições, a cada 24 horas, esses valores correspondem a média dos valores obtidos desde o início da medição até a respectivo período analisado.

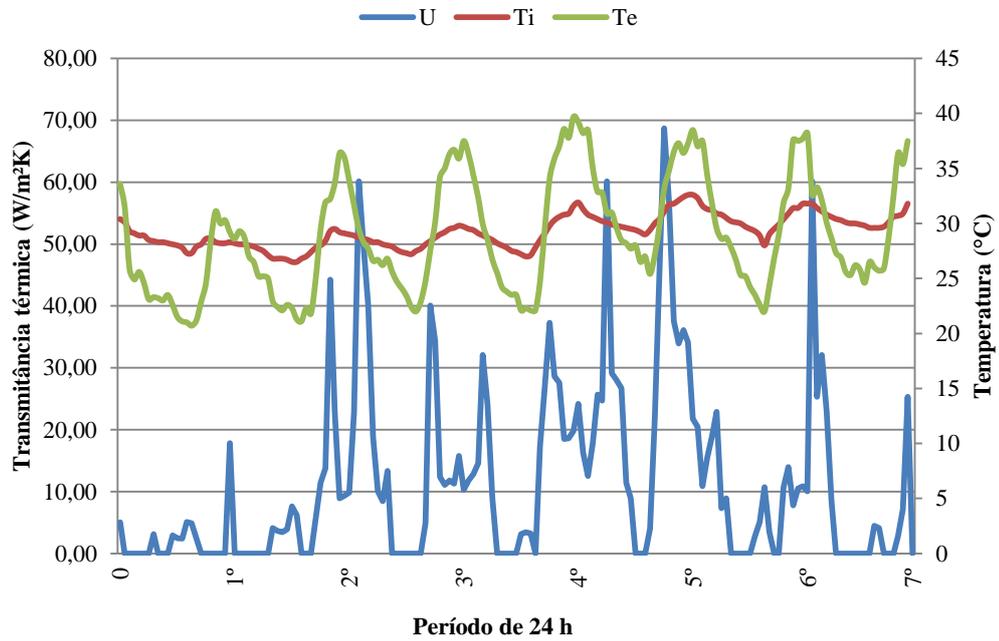
Figura 38: Região escolhida para realização das medições do fluxo de calor da parede de taipa de pilão na fachada Oeste do Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

A partir dos dados levantados de fluxo de calor, temperatura do ambiente interno e externo, foi possível obter os valores de transmitância e resistência térmica conforme apresentado na Tabela 25. Apesar de apresentar os valores por período de medições, a cada 24 horas, esses valores correspondem a média dos valores obtidos desde o início da medição até a respectivo período analisado.

Figura 39: Valores médios por hora de transmitância térmica da parede de taipa de pilão, temperatura ambiental interna e temperatura ambiental externa do Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

Tabela 25: Dados da medição para obtenção da transmitância e resistência térmica da parede de taipa de pilão do Museu das Bandeiras.

Período de 24 horas	Datas da medição	UR (%)	Ti (°C)	Te (°C)	Ti-Te (°C)	q (W/m²)	U (W/m².K)	R (m².K/W)	Desvio da R (%)
1º	19/09/18 a 20/09/18	56,84	28,38	24,91	3,47	0,43	1,79	0,56	---
2º	20/09/18 a 21/09/18	56,23	28,04	25,79	2,25	0,96	3,96	0,25	54,92
3º	21/09/18 a 22/09/18	55,10	28,16	26,69	1,47	1,32	7,91	0,13	99,56
4º	22/09/18 a 23/09/18	52,77	28,34	27,45	0,90	1,98	9,27	0,11	14,67
5º	23/09/18 a 24/09/18	50,61	28,79	28,40	0,39	2,59	12,64	0,08	36,40
6º	24/09/18 a 25/09/18	50,31	29,07	28,68	0,39	2,50	11,93	0,08	5,91
7º	25/09/18 a 26/09/18	49,79	29,26	28,80	0,46	2,34	11,57	0,09	3,13

UR= umidade relativa média em relação à primeira medição; q= fluxo de calor médio em relação à primeira medição; Ti= temperatura ambiente interna média em relação à primeira medição; Te= temperatura ambiente externa média em relação à primeira medição; U= transmitância térmica média em relação à primeira medição; R= resistência térmica média em relação à primeira medição; Desvio da R= desvio da R em relação ao período anterior.

Fonte: A autora.

O valor médio de transmitância térmica obtido foi de 11,63 W/(m²K). A ISO 9869-1 (2014) estabelece três condições para validação dos valores, sendo a primeira condição que o ensaio tenha duração de no mínimo 72 horas, o que foi atendido. A segunda condição estipula o desvio máximo de 5% para a diferença entre o valor médio da resistência térmica obtida no último período de medição em relação ao valor obtido no período anterior do mesmo. No caso das medições do Museu das Bandeiras, foi obtido desvio máximo de 3,13%, que atende ao estipulado pela normativa. A terceira condição para validação dos valores de transmitância térmica da ISO 9869-1 (2014) é que o valor de resistência térmica médio obtido a partir do primeiro período de medição durante 2/3 do total de dias de medição (2Dt/3) não pode desviar mais de 5% do valor obtido durante mesma quantidade de dias (2DT/3) em relação ao último período de medição considerando. A quantidade de dias para avaliar esses valores, antes do último e depois do primeiro período de medição, do Museu das Bandeiras foi de quatro, assim, o desvio da resistência térmica foi de 36,4%, não atendendo a normativa.

As paredes externas são pintadas a base de cal conferindo-lhe uma cor em tonalidade branca. Na Tabela 26 são apresentados os dados levantados com o espectrômetro necessários para a obtenção da absorvância térmica.

Tabela 26: Dados da medição da refletância obtidos com o espectrômetro da parede de taipa de pilão do Museu das Bandeiras.

Cores	Comprimento de onda	1° medição	2° medição	3° medição	V _{λ,amostra} (mV)	V _{f,amostra} (mV)	ρ _{λ amostra} (%)
Referência	0	74	74	74	-	74,00	-
Blue	470	806	797	803	802,00	-	89,16
Cyan	525	875	868	869	870,67	-	93,87
Green	560	933	928	927	929,33	-	91,48
Yellow	585	862	857	856	858,33	-	90,27
Orange	600	868	862	859	863,00	-	91,38
Red	645	860	856	855	857,00	-	90,06
Deep Red	700	812	809	806	809,00	-	98,72
IR1	735	732	729	725	728,67	-	93,85
IR2	810	740	739	735	738,00	-	99,25
IR3	880	776	773	771	773,33	-	98,68
IR4	940	671	668	668	669,00	-	89,69

Fonte: A autora.

O valor médio de refletância térmica para os comprimentos de onda avaliados foi de 0,93, o que corresponde ao valor de 0,07 de absorvância térmica. Foi considerado ainda o vidro simples de 3 mm com fator solar de 0,85. Na Tabela 27 são apresentados dados gerais para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Museu das Bandeiras

Tabela 27: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Museu das Bandeiras.

Museu das Bandeiras – Cidade de Goiás – ZB 7					
Pré-requisitos		Dados dimensionais da edificação		Características das aberturas	
$U_{COB-ANC}$ (W/m ² K)	1,8	A_{TOT} (m ²)	856,6	FS (%)	85
U_{PAR} (W/m ² K)	4,69	A_{PCOB} (m ²)	428,3	PAF _T (%)	2,22
PAZ (%)	0	A_{PE} (m ²)	428,3	PAF _o (%)	0,85
a_{COB} (%)	75	V_{TOT} (m ³)	4330,45	AVS (°)	6
a_{PAR} (%)	7	A_{ENV} (m ²)	1324,57	AHS (°)	0

Fonte: A autora.

5.2.4. Caracterização do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras

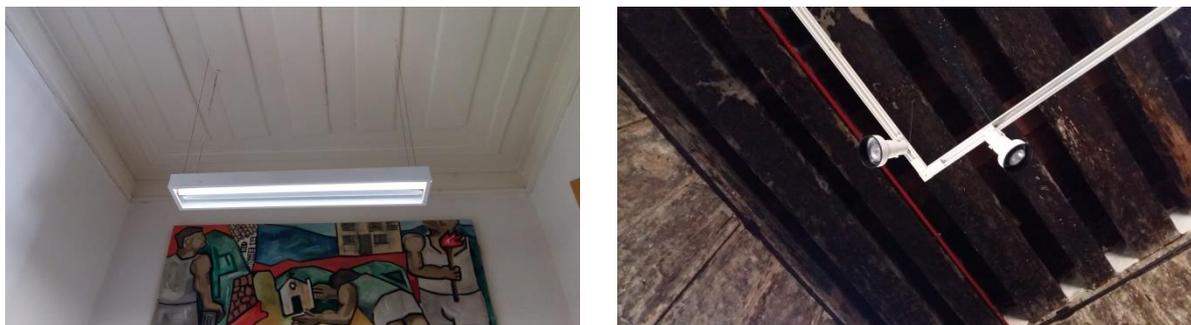
O Museu das Bandeiras não possui todas as janelas com vidro, o que favorece o uso da iluminação artificial em determinadas situações em que não é possível abrir as janelas.

Destaca-se os tons escuros utilizados em grandes áreas, algumas paredes e pisos, e em todo o teto do pavimento térreo. Assim, ambientes como enxovia e cela feminina são mais escuros e dependentes da iluminação artificial. Além disso, as paredes espessas e o requadro das janelas reto dificultam o alcance da iluminação natural nos ambientes internos.

O pavimento superior possui uma contribuição maior de iluminação natural devido a presença de janelas tipo balcão, ou seja, maior área de abertura, e corte chanfrado das paredes onde há janelas desse tipo aumentando o alcance da iluminação

Foi possível identificar o uso de diferentes tipos de luminárias e lâmpadas no museu, conforme ilustrado na Figura 40. Em geral, nas salas de exposição predomina o uso de luminárias tipo spot com lâmpada dicróica, enquanto nos ambientes administrativos predominam o uso de luminárias retangulares com lâmpadas tubulares fluorescentes.

Figura 40: Detalhes do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras.





Fonte: A autora.

O edifício possui divisão de circuitos, o acionamento da iluminação artificial não se dá individualizada em todos os ambientes e ocorre de forma manual. Na Tabela 28, são apresentados os valores de potência do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras.

Tabela 28: Valores de potência do sistema de iluminação do Museu das Bandeiras.

Museu das Bandeiras			
Pavimento	Atividade	Área (m ²)	Potência (W)
Térreo	Escada	38,21	200
	Circulação	7,49	72
	Sala de exibição	238,21	1626
	Sala de espera	14,47	112
Superior	Sala de exibição	55,36	262
	Escritório	234,1	1212
	Escada	37,23	298
Total		625,07	3782

Fonte: A autora.

5.2.5. Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Museu das Bandeiras

Não há sistema de condicionamento de ar artificial no Museu das Bandeiras. Ressalta-se a arborização do pátio interno e do entorno (Figura 41) que favorecem o sombreamento no edifício que aliados às

características físicas das paredes da envoltória e o uso de manta térmica no telhado contribuem para temperaturas mais amenas no interior do edifício.

Figura 41: Arborização existente no entorno do Museu das Bandeiras.



Fonte: A autora.

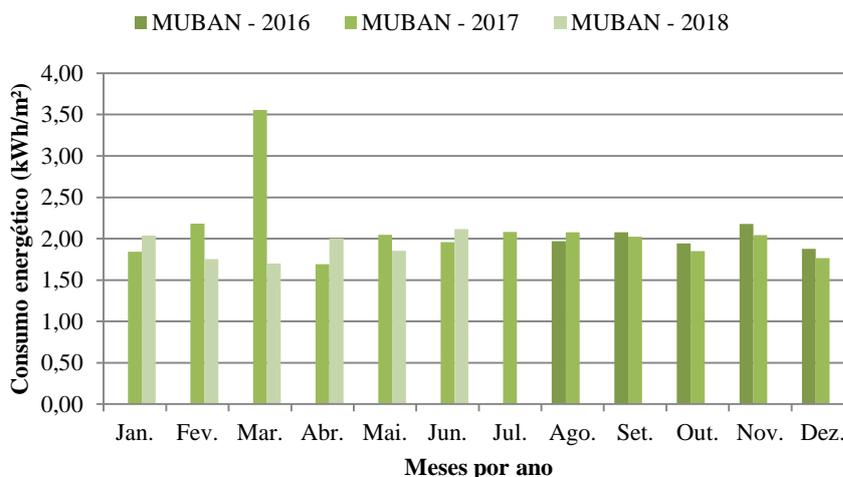
5.2.6. Consumo energético do Museu das Bandeiras

Foi possível analisar o consumo energético do Museu das Bandeiras referente a um período de 24 meses correspondentes aos anos de 2016 a 2018, conforme apresentado na Tabela 29 e na Figura 42.

Tabela 29: Consumo energético em KWh/m² do Museu das Bandeiras.

Meses/ Ano	2016	2017	2018
Janeiro	---	1,84	2,04
Fevereiro	---	2,18	1,75
Março	---	3,56	1,70
Abril	---	1,69	2,00
Maio	---	2,05	1,85
Junho	---	1,96	2,12
Julho	---	2,08	---
Agosto	1,97	2,08	---
Setembro	2,08	2,02	---
Outubro	1,94	1,85	---
Novembro	2,18	2,04	---
Dezembro	1,88	1,77	---

Fonte: A autora.

Figura 42: Consumo energético em kWh/m² do Museu das Bandeiras por mês.

Fonte: A autora.

Com exceção do mês de março de 2017, que foi atípico, o consumo energético do Museu das Bandeiras variou entre 1478 kWh a 1905 kWh ao longo do ano. O consumo energético total em 2017 foi de 21941,8 kWh. O valor médio de consumo energético dos 24 meses analisados, foi de 2,0 kWh/m².

O horário de visitação do museu é de terça a sexta, das 9h às 17h; sábados, das 9h às 12h e das 13h30 às 17h; e domingos, das 9h às 13h. No entanto, a parte administrativa funciona também na segunda e em outros horários antes e/ou após o período de visitação. Assim, o museu está em funcionamento todos os dias da semana com uso predominantemente diurno.

Durante o período de funcionamento, os funcionários comumente deixam as janelas e portas abertas para otimização da iluminação natural em detrimento da artificial. Outra rotina de uso do edifício é acender as lâmpadas apenas quando há visitantes no museu favorecendo a redução do consumo energético. Além disso, ressalta-se que esta é a única edificação histórica analisada que não possui condicionamento de ar artificial.

5.3. Secretaria da Fazenda

5.3.1. Aspectos históricos e de valoração da Secretaria da Fazenda

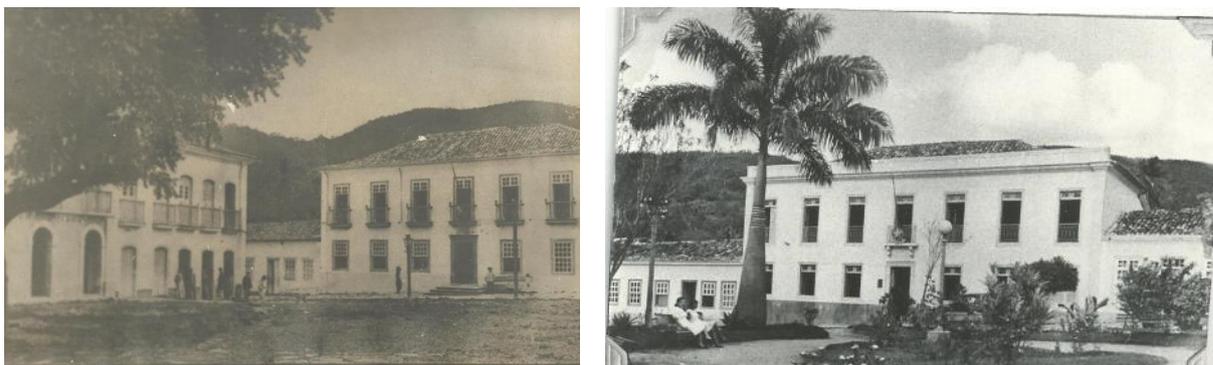
A Secretária da Fazenda é um órgão responsável pela arrecadação dos tributos estaduais, pela gestão financeira e controle execução orçamentária da administração estadual. Uma de suas localizações no estado de Goiás situa-se na antiga capital do estado, a Cidade de Goiás. Estabelecida no Sobrado da

Real Fazenda construído entre 1771 e 1773, tornando-se patrimônio histórico da cidade com suas características coloniais do século XVIII.

A edificação possui paredes externas de taipa de pilão, paredes internas em taipa de mão e adobe. O telhado era aparente, os pisos eram em tabuado largo e os forros de saia e camisa. Destaca-se pela sacada no piso superior, seu portal de pedra e sua sala-forte com pranchões reforçados de madeiras, onde se guardava o tesouro do estado. No pavimento superior todas as janelas eram de balcão, sendo a central situada sobre a porta principal, que possui balcão com grade de ferro fundido sustentado por elementos decorativos.

Na terceira década do século XX (1932 a 1934), o edifício passou por uma completa reforma quando recebeu uma série de elementos neoclássicos em sua fachada, tendo inclusive o beiral sido substituído por platibanda e cimalkhas sendo retirados os balcões, menos o da porta principal. Na Figura 43 é possível observar as diferenças na fachada do edifício a partir de um registro da década de 1920 e outra da década de 1960.

Figura 43: Edificação histórica no início do século XX, à esquerda, e na década de 1960 após reforma, à direita.



Fonte: Acervo MUBAN (2018).

O Sobrado Real Fazenda foi utilizado para abrigar diversas instituições: Departamento de Correios e Telégrafos, Receita Federal e Secretaria da Fazenda e pela Ação Social do Município. O edifício ficou desocupado por alguns anos causando danos gravíssimos, tais como, “infiltrações, degastes de taipa e apodrecimento de peças de madeira da cobertura, das janelas e das portas e do piso do pavimento superior”. Na Figura 44 pode ser observado o estado que ficou o edifício após esse incidente.

Figura 44: Estado da edificação histórica de abandono.



Fonte: Acervo Iphan (2018).

Em 1997, foram iniciadas as obras de adequação do sobrado em função do projeto de abrigar o Arquivo Histórico Regional de Goiás, conforme ilustrado na Figura 45. Suas paredes foram todas estabilizadas e as fundações revisadas. Foi demolida toda a estrutura do telhado e paredes internas do piso superior, ficando somente aqueles que estruturam a construção. A adequação incluía o uso de estrutura metálica de piso e cobertura, e a escada antes de madeira foi substituída por uma metálica.

Figura 45: Algumas fotos da obra de adequação na década de 1990 existentes no edifício como registro histórico.



Fonte: Acervo SEFAZ (2018).

Em 1999, o sobrado da Real Fazenda foi cedido para o Governo do Estado de Goiás para uso da Secretaria da Fazenda que prosseguiu com o processo de adequação, chegando ao término das obras em 2001.

Este edifício possui tombamento em conjunto, não sendo tombado individualmente. Neste sentido, sua valorização se restringe ao entendimento do edifício enquanto parte integrante do conjunto arquitetônico de Goiás, sendo valorado no mesmo, apenas os aspectos arquitetônicos que influenciam na

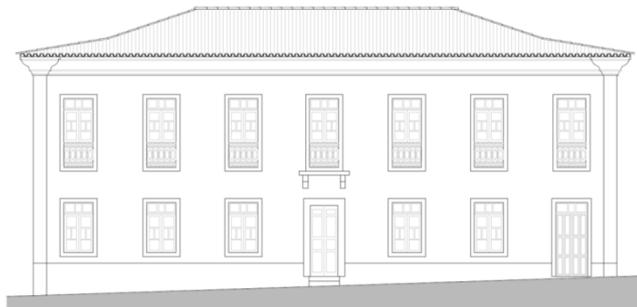
composição urbana, volumetria, gabarito, alinhamento, elementos de fachadas e cobertura. O que explica a drástica intervenção ocorrida no edifício.

5.3.2. Caracterização da Secretaria da Fazenda

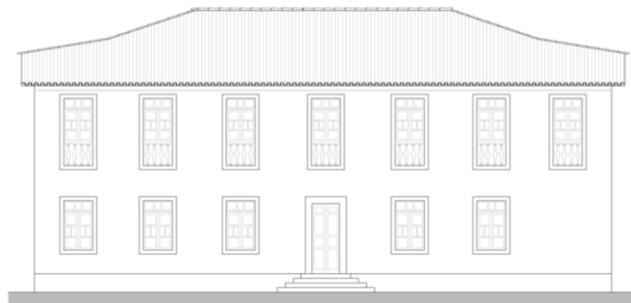
A Secretaria da Fazenda (Figura 46e Figura 47) possui planta em formato de paralelogramo de 21,9 m por 14,75 m, cuja maior dimensão refere-se à testada do terreno. A edificação histórica é composta pelo pavimento térreo e superior, sendo que o acesso ao público ocorre pela fachada oeste, voltada para a Praça do Coreto, e o acesso de serviço ocorre pela fachada leste. As demais fachadas, norte e sul, são cegas e localizam-se nas divisas laterais do terreno. O acesso principal se dá por uma escada interna, visto que o nível do térreo é mais alto que o da via pública. Na fachada posterior existe a escada original, que é externa à edificação, e acima desta foi construída uma estrutura metálica com rampa para acessibilidade de cadeirantes e pessoas com dificuldade de locomoção.

Figura 46: Fachadas da Secretaria da Fazenda.

Fachada Oeste

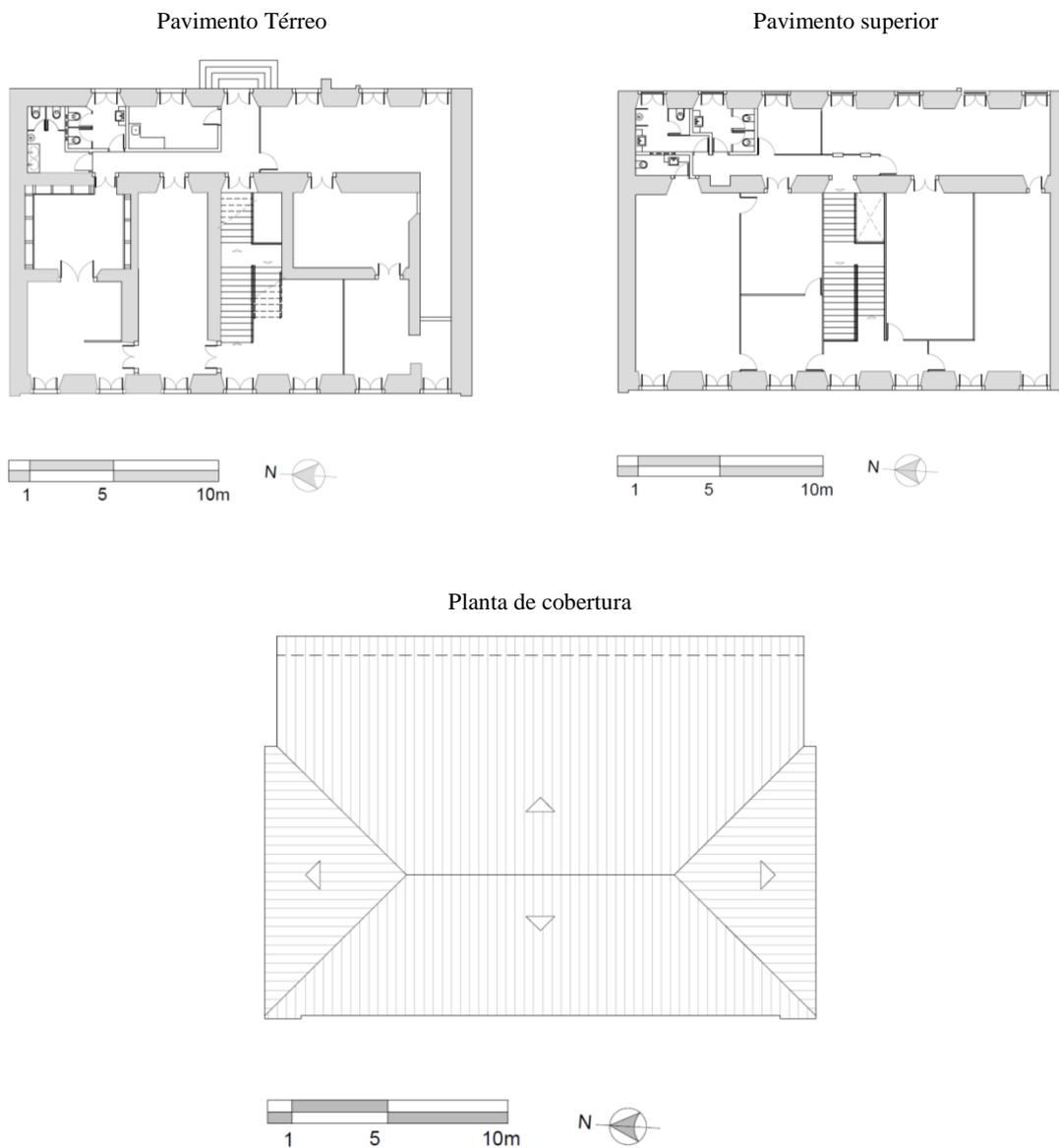


Fachada Leste



Fonte: A autora.

Figura 47: Plantas da Secretaria da Fazenda.



Fonte: A autora.

No pavimento térreo, a principal circulação concentra-se na região central do edifício. Junto ao hall de entrada do lado direito há um espaço aberto destinado ao atendimento do público. As salas localizadas nas laterais do edifício são destinadas a usos administrativos: sala de núcleo de preparo processual à esquerda e à direita salas de arquivo de documentos de fiscalização, de núcleo jurídico e de auditoria fiscal. Na região posterior, localizam-se as áreas de apoio (copa e banheiros) e sala de fiscalização/arrecadação à esquerda e à direita salas de controle de máquinas do edifício e monitoria de informática.

O pavimento superior também se caracteriza pelo uso predominantemente administrativo. A escada de acesso a esse pavimento possui dois lances em direção opostas. Um dos lances da escada dá acesso salas do lado direito de acesso restrito ao público, que são as salas da Procuradoria Geral do Estado e uma sala destinada ao arquivo de documentos. O outro lance da escada dá acesso a uma sala de atendimento/ espera, a partir dessa é possível acessar à direita a sala do delegado e de recursos humanos. Do lado esquerdo têm-se os banheiros e salas específicas de atendimento ao público, tais como, a supervisão de administração, protocolo de processo, setor do ITCD.

Os ambientes em sua maioria são compartimentados por divisórias verticais internas do tipo compensado com 2,10 m de altura na cor cinza e com componentes em vidro, conforme apresentado na Figura 48. Algumas divisórias no pavimento térreo são na cor creme. O piso predominante é o de granitina escurecido com o efeito do tempo e nos ambientes molháveis é utilizada a cerâmica nas paredes.

Figura 48: Detalhes das divisórias internas da Secretaria da Fazenda.



Fonte: A autora.

O desnível entre pavimentos é de 4,07 m. O pavimento superior possui pé-direito de 3,57m e possui laje de piso de viga de concreto e lajota na espessura de 13 cm de espessura revestidas na sua face inferior em massa corrida branca. A laje de piso é apoiada em vigas metálicas de perfil I. A escada metálica de acesso ao pavimento superior é composta por três lances e um patamar intermediário, conforme ilustrado na Figura 49. A escada possui pisos de pranchas de madeira freijó e guarda-corpo com fechamento em vidro e corrimão tubular galvanizado cromado de 2”.

Figura 49: Detalhes da estrutura e escada metálica da Secretaria da Fazenda.



Fonte: A autora.

As paredes internas são revestidas massa e pintura acrílica na tonalidade branca. Nos banheiros e na copa são revestidas com cerâmica de 20x20cm. Diferencia-se uma sala no pavimento, onde era o cofre, que possui revestimento das paredes e do teto de tabuado em aroeira. As vigas e pilares metálicos do edifício são pintados com tinta esmalte na cor marfim. Na Tabela 30 é apresentada uma descrição das características gerais do edifício.

Tabela 30: Características gerais da Secretaria da Fazenda.

SOBRADO REAL FAZENDA/ SECRETARIA DA FAZENDA	
Tipologia: arquitetura oficial	Áreas*
Uso original: Sobrado Real Fazenda	Pavimento Térreo: 323,02 m ²
Uso atual: Secretaria da Fazenda	Pavimento superior: 323,02 m ²
Época da construção: 1771 a 1773	Área total construída: 646,04 m ²
Número de pavimentos: 2 , térreo e superior.	Área do terreno: 1073,71 m ²
Altura aproximada: 10,5 metros	
Largura: 21,90 m	
Profundidade: 14,76 m	
Cobertura: telhado de 4 águas com telha cerâmica.	
Fechamento vertical: paredes em taipa de pilão com esquadrias de madeira e vidro transparente simples 3mm, janelas e portas de abrir.	
Estrutura: Paredes de taipa de pilão, laje entre pisos de estrutura metálica, estrutura da cobertura metálica, alicerce de alvenaria de pedra. Na reforma de 1997, as paredes internas foram demolidas, com exceção das estruturais, e a estrutura da cobertura de madeira foi substituída por metálica.	

Fonte: A autora.

5.3.3. Caracterização da envoltória da Secretaria da Fazenda

A estrutura do edifício é composta por paredes de taipa de pilão, com espessura que variam de 84 cm a 95 cm para as paredes externas e as internas variam aproximadamente entre 52 cm e 95 cm, conforme projeto de adequação e restauração de 1999. Apenas as paredes internas da cozinha e banheiros, que foram construídas posteriormente, que são em alvenaria convencional de 15 cm. O aspecto geral de suas fachadas pode ser observado na Figura 50.

Figura 50: Fachadas da Secretaria da Fazenda da Cidade de Goiás.

Fachada Leste



Fachada Oeste



Fachada Norte



Fachada Sul



Fonte: A autora.

As paredes externas são revestidas com pintura na cor branca e detalhes na cor amarela. As esquadrias das fachadas são em madeira e possuem na sua composição vidros simples incolores de espessura 3 mm em formato de quadriláteros de variadas dimensões. As janelas são de abrir e cada uma possui quatro folhas, sendo duas externas com composição em vidro e a interna apenas em madeira. Possuem ainda requadro em madeira pintado com tinta esmalte vermelho, bandeira pintada na cor branca e folhas de abrir pintadas em amarelo. As janelas do pavimento superior possuem ainda balcão ornamental em ferro na fachada oeste e de madeira na fachada leste, ambos pintados na cor vermelha.

A cobertura é formada por sustentação do tipo metalon em formato tubular pintada em vermelho, com telhas coloniais comuns e forro de lambril em madeira freijó que seguem a inclinação das águas do telhado, conforme ilustrado na Figura 51.

Figura 51: Detalhes da cobertura da Secretaria da Fazenda.

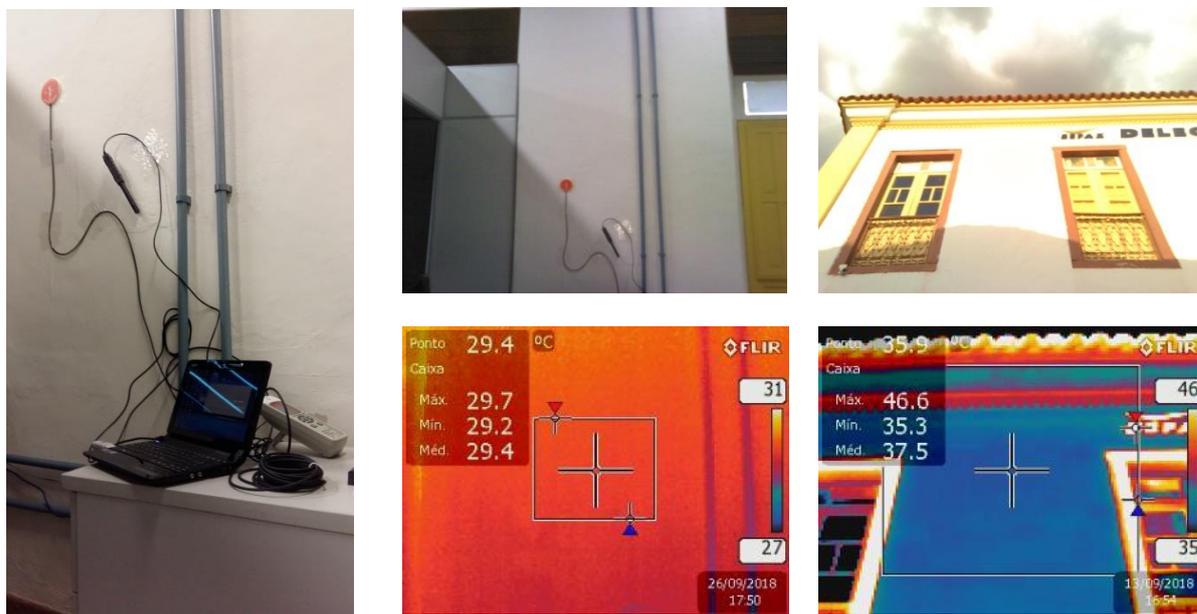


Fonte: A autora.

Para avaliação da envoltória, foram consideradas alguns valores de referência para as propriedades térmicas estipuladas no Anexo V do RAC (ABNT, 2010b). Assim como no Museu das Bandeiras, o valor de absorvância térmica da cobertura considerado foi de 0,75 relativa à cor telha. A composição da cobertura diferencia-se do outro edifício por utilizar estrutura metálica de apoio e forro de madeira freijó que acompanha o caimento das águas do telhado. A transmitância térmica da cobertura (Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar (≥ 1 e ≤ 2) cm fluxo descendente + forro de madeira 2 cm) corresponde a 2,0 W/(m²K), o que não atende ao máximo de 1 W/(m²K) para ambientes condicionados artificialmente para a ZB7.

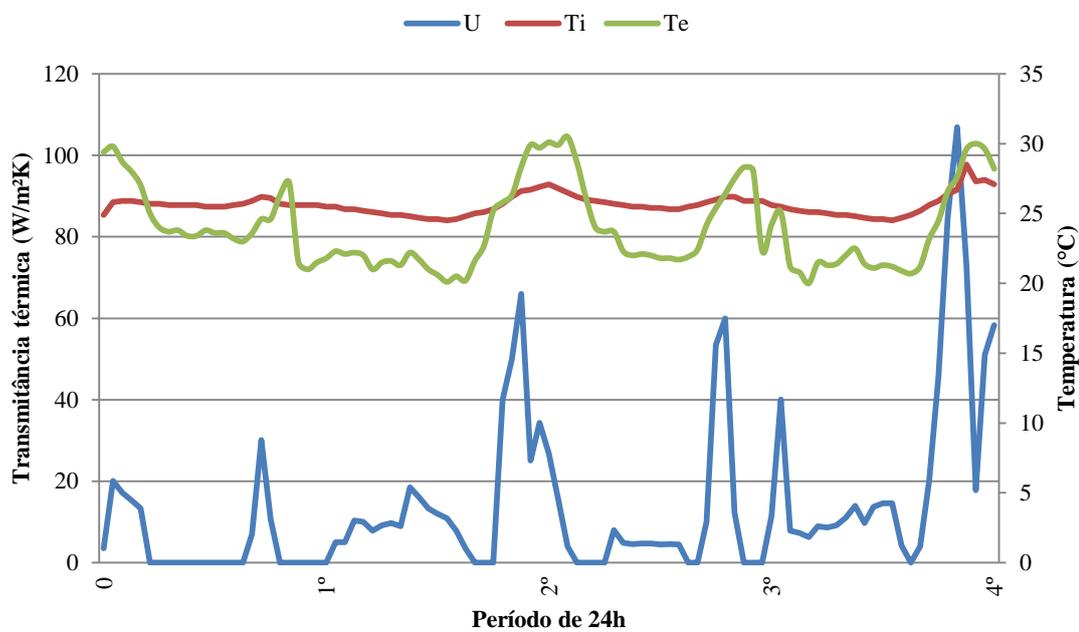
De forma semelhante ao Museu das Bandeiras, foram realizadas medições *in situ* com termofluxímetro nas paredes de taipa de pilão da fachada oeste no pavimento superior em local indicado na Figura 52. A partir de imagens termográficas foi escolhida uma região de temperatura homogênea para realização do ensaio. As divisórias utilizadas na Secretaria da Fazenda não são de piso ao teto, criando uma zona térmica ampla com vários ambientes. Além das medições do fluxo de calor, foram obtidos dados da temperatura e umidade relativa do ambiente interno a cada hora por setes dias sequências. Os resultados obtidos estão apresentados nas Figura 53 e Tabela 31.

Figura 52: Região escolhida para realização das medições do fluxo de calor da parede de taipa de pilão na fachada oeste da Secretaria da Fazenda.



Fonte: A autora.

Figura 53: Valores médios por hora de transmitância térmica da parede de taipa de pilão, temperatura ambiental interna e temperatura ambiental externa da Secretaria da Fazenda, em 2019.



Fonte: A autora.

Tabela 31: Dados da medição para obtenção da transmitância e resistência térmica da parede de taipa de pilão da fachada oeste da Secretaria da Fazenda, em 2019.

Período de 24 horas	Datas da medição	UR (%)	Ti (°C)	Te (°C)	Ti-Te (°C)	q (W/m ²)	U (W/m ² .K)	R (m ² .K/W)	Desvio da R (%)
1º	01/03/19 a 02/03/19	74,75	25,68	24,74	0,94	0,71	4,88	0,20	---
2º	02/03/19 a 03/03/19	76,20	25,48	23,86	1,62	1,58	10,02	0,10	51,26
3º	03/03/19 a 04/03/19	77,12	25,61	24,20	1,41	1,38	9,77	0,10	2,49
4º	04/03/19 a 05/03/19	77,66	25,59	23,97	1,62	1,71	13,42	0,07	27,22

UR= umidade relativa média em relação à primeira medição; q= fluxo de calor médio em relação à primeira medição; Ti= temperatura ambiente interna média em relação à primeira medição; Te= temperatura ambiente externa média em relação à primeira medição; U= transmitância térmica média em relação à primeira medição; R= resistência térmica média em relação à primeira medição; Desvio da R= desvio da R em relação ao período anterior.

Fonte: A autora.

Na Secretaria da Fazenda, para realização das medições de fluxo de calor da fachada Oeste, foi necessário escolher dias que não houvesse atividades na edificação, por isso, foi escolhida uma data de feriado prolongado para conseguir atender o tempo mínimo de medição exigido na ISO 9869 (2014) de 72 horas. Apesar das medições terem sido realizadas durante quatro dias, os valores obtidos ainda apresentaram desvios consideráveis, 27,22% no último período analisado. De acordo com a ISO 9869 (2014), é permitido no máximo a diferença de 5% do valor de transmitância térmica obtido no último dia de medição em relação ao período de 24 horas anterior. Nesse caso, a norma indica a realização de um período maior de medição até atendimento do desvio tolerado nos resultados. Segundo Rasooli, Itard e Ferreira (2016), as paredes mais pesadas tendem a demorar mais para estabilizar as medições, sendo necessários comumente longos períodos de medição, ultrapassando o mínimo exigido na norma. No caso da Secretaria da Fazenda, dada a impossibilidade de realização das medições em períodos mais longos, optou-se por utilizar o valor de transmitância térmica médio obtido no Museu das Bandeiras para análise de resultados, visto que ambas as paredes apresentam espessuras semelhantes e foram construídas com a mesma técnica construtiva em anos próximos.

O valor médio obtido de refletância foi de 0,8, portanto, de 0,2 de absorvância térmica de acordo com as medições *in situ* com o espectrômetro. Os dados levantados para cada comprimento de onda estão apresentados na Tabela 32. O valor de absorvância térmico obtido foi baixo, coerente com o sugerido para sua zona bioclimática.

Tabela 32: Dados da medição refletância obtidos com o espectrômetro da parede de taipa de pilão da Secretaria da Fazenda.

Cores	Comprimento de ondas	1° medição	2° medição	3° medição	V λ , amostra (mV)	Vf, amostra (mV)	$\rho\lambda$ amostra (%)
Referência	-	77	77	77	-	77,00	-
Blue	470	756	746	751	751,00	-	69,20
Cyan	525	849	836	847	844,00	-	76,70
Green	560	930	906	921	919,00	-	72,75
Yellow	585	860	849	854	854,33	-	75,19
Orange	600	877	861	872	870,00	-	75,39
Red	645	878	867	873	872,67	-	78,89
Deep Red	700	817	807	815	813,00	-	86,04
IR1	735	741	736	742	739,67	-	87,89
IR2	810	759	758	762	759,67	-	88,93
IR3	880	790	786	788	788,00	-	88,32
IR4	940	680	677	680	679,00	-	82,95

Fonte: A autora.

Os dados gerais para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória da Secretaria da Fazenda são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória da Secretaria da Fazenda.

Secretaria da Fazenda – Cidade de Goiás – ZB 7					
Pré-requisitos	Dados dimensionais da edificação		Características das aberturas		
U _{COB-AC} (W/m ² K)	2,0	A _{TOT} (m ²)	643,24	FS (%)	85
U _{PAR} (W/m ² K)	4,69	A _{PCOB} (m ²)	321,62	PAF _T (%)	4,95
PAZ (%)	0	A _{PE} (m ²)	321,62	PAF _o (%)	7,01
a _{COB} (%)	75	V _{TOT} (m ³)	2897,8	AVS (°)	3,75
a _{PAR} (%)	20	A _{ENV} (m ²)	859,39	AHS (°)	0

Fonte: A autora.

5.3.4. Caracterização do sistema de iluminação da Secretaria da Fazenda

Todas as janelas da Secretaria da Fazenda possuem folhas de abrir com uso de vidro, o que favorece o uso da iluminação natural. Apesar das paredes serem espessas, o que reduz o alcance da iluminação natural nos ambientes, essas apresentam corte chanfrado onde há aberturas ampliando o alcance da iluminação natural.

O sistema de iluminação artificial é composto predominante por lâmpadas tubulares fluorescentes, mas também foi identificado o uso de lâmpadas fluorescentes compactas. O edifício possui divisão de circuitos e acionamento manual de iluminação.

Não são todos os ambientes que possuem divisórias internas até o teto. Da edificação original foram preservadas apenas as paredes em taipa de pilão. A maioria dos ambientes possuem divisórias de compensado de 2,10 m. Dessa forma, a iluminação artificial, principalmente no pavimento superior, é compartilhada entre os ambientes. Devido à altura do telhado, as luminárias ficam pendentes fixadas em perfis metálicos. No pavimento térreo há luminárias sobrepostas nas vigas metálicas e embutidas na laje. Na Figura 54, é possível observar detalhes do sistema de iluminação do edifício e, na Tabela 34, o valor total da potência desse sistema.

Figura 54: Sistema de iluminação artificial da Secretaria da Fazenda.



Fonte: A autora.

Tabela 34: Valor de potência total do sistema de iluminação da Secretaria da Fazenda.

Secretaria da Fazenda		
	Área (m²)	Potência (W)
Total	472,16	5360

Fonte: A autora.

5.3.5. Caracterização do sistema de condicionamento de ar da Secretaria da Fazenda

A Secretaria da Fazenda possui a maioria de seus ambientes climatizados artificialmente com ar condicionado do tipo split de parede e piso teto, por vezes esse fica suspenso por conta da inclinação e altura do telhado. A maioria dos equipamentos de ar condicionado, 12 unidades, é do modelo de 58000 BTU/h com etiqueta C, mas também há uma unidade do modelo de 30000 BTU/h com etiqueta B, cujas especificações são apresentadas no Anexo B.

Além dos splits, acima das janelas e das portas de acesso ao edifício existem cortinas de ar conforme apresentado na Figura 55. Próximo à fachada leste, localizam-se as condensadoras ora apoiadas em um piso elevado de concreto, ora apoiados numa estrutura metálica elevada para armazenamento dessas.

Figura 55: Sistema de ar condicionado da Secretaria da Fazenda.

Ar condicionado tipo split de parede no pavimento térreo



Cortina de ar condicionado



Ar condicionado tipo split de teto no pavimento superior



Condensadoras de ar condicionado



Fonte: A autora.

5.3.6. Consumo energético da Secretaria da Fazenda

Os dados de consumo energético da Secretaria da Fazenda não foram possíveis de serem incluídos no estudo, visto a inconsistência dos valores existentes na conta de energia.



6. CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO EM BRASÍLIA

6.1. Caracterização histórica, de significação cultural, do clima de Brasília e do entorno das edificações históricas

6.1.1. Contextualização histórica de Brasília

Brasília foi criada a partir de uma ideia mudancista que instigava e fascinava o povo brasileiro, resultando em uma capital progressista, moderna, monumental e utópica, que se tornara a sede do governo brasileiro. Uma nova região como polo de desenvolvimento e conquistas, um espaço de integração entre regiões. Para o país, segundo Amaral (2003, p.303), a implantação de Brasília significou a abertura de um novo polo de desenvolvimento e conquistas no Centro-Oeste, que possibilitou ampliar a comunicação entre regiões distantes, que teriam na capital um ponto de encontro.

Ao dar início à construção de Brasília, em setembro de 1956, o presidente Juscelino Kubitschek instituiu a Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap) e nomeou como presidente, Israel Pinheiro, engenheiro e deputado federal pelo PSD. O médico Ernesto Silva assumiu o cargo de diretor administrativo; o engenheiro Bernardo Sayão, o de diretor técnico, ficando a diretoria financeira para Íris Meinberg, membro da UDN, à época o principal partido da oposição. Oscar Niemeyer foi nomeado para o cargo de diretor do Departamento de Arquitetura. Ao presidente Kubitschek coube a tarefa de convocar a nação para a marcha rumo ao oeste, que tinha como objetivos principais a interiorização da ocupação populacional e a possibilidade de se criar um novo símbolo popular (FIGUEIREDO, 1979, p. 15). Foi fundada em 1960, inspirada em um pensamento de grandiosidade e monumentalidade de Lúcio Costa, em um concurso desenvolvido no governo de Juscelino Kubitschek. Dentre as 26 propostas inscritas, venceu a de Lúcio Costa, por apresentar um projeto de extrema

racionalidade, com a devida unidade entre o conjunto funcional e o aspecto plástico, e por contemplar os objetivos norteadores da criação da capital federal: localizar Brasília em uma posição estratégica do país e planejar a cidade para ser moderna e dotada de uma visualidade monumental.

Em um depoimento sobre a capital, Niemeyer (*apud* FIGUEIREDO, 1979, p.24) declara:

“Vimos com satisfação que o Plano Piloto de Lúcio Costa era justo e certo, que se adaptava bem ao terreno, às suas conformações, e que os espaços livres e volumes previstos eram belos e equilibrados. E sentíamos que a atmosfera procurada já estava presente, uma atmosfera de digna monumentalidade, como uma Capital requer, com os Ministérios se sucedendo numa repetição disciplinada e a Praça dos Três Poderes rica de formas e, ao mesmo tempo, sóbria e monumental”.

Brasília é uma cidade modernista e retrata exatamente a busca da identidade nacional que marcava o pensamento no século XX. Com ideais modernistas, a cidade foi pensada de acordo com as formas arquitetônicas simples, retas, geométricas, planificação do espaço e com ritmos repetitivos de caráter monumental, onde cada edifício público é proposto seguindo uma hierarquia na espacialidade. Assim, segundo Lúcio Costa (*apud* BRAGA, FALCÃO, 1997, p.8), Brasília “*nasceu do gesto primário de quem assinala um lugar ou dele toma posse: dois eixos cruzando-se em ângulo reto, ou seja, o próprio sinal da cruz*”. E foi a partir desses dois eixos principais, o rodoviário e o monumental, que a cidade se ramificou, surgindo quatro escalas diferentes e complementares: monumental, residencial e gregária e bucólica (IPHAN, 2007). A cidade causa impacto e o seu valor é reconhecido independentemente do tempo e do espaço histórico. A visualidade monumental enaltece a grandiosidade dos edifícios. É possível alcançar a imensidão pela dimensão dos sentidos.

Para Pessoa (2003, p.4), a dualidade vivida pelos arquitetos modernistas brasileiros do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, resultou na precoce e inovadora proteção de obras modernas que se encontravam ameaçadas de descaracterização ou destruição. Tentando livrá-las do natural processo de acúmulo histórico – na tentativa de garantir para o futuro, uma obra intacta no modo como havia sido originalmente projetada, o que na realidade nunca se teve dos edifícios do passado. Dentro deste raciocínio, a importância histórica da cidade é tão grande que após 30 anos de construída o conjunto urbanístico de Brasília foi tombado. Em geral, não há tombamento específico e sim essencialmente urbanístico, exceto alguns edifícios individuais de caráter monumental, a maioria, projetados pelo arquiteto Oscar Niemeyer. A concepção urbana e a articulação das quatro escalas se tornam patrimônio do movimento moderno primeiro através da legislação distrital e depois pelo tombamento federal. A preservação do plano e não do que havia sido realizado até então desassocia a arquitetura e urbanismo e propõe um centro histórico com o intuito de manter permanente a paisagem atemporal de Brasília.

6.1.2. Aspectos urbanísticos de valoração de Brasília

O plano urbanístico para a nova capital do Brasil, vencedor do concurso e concebido em 1957 por Lucio Costa, foi descrito no Relatório do Plano Piloto constituindo-se em documento norteador para as ações de preservação do conjunto urbanístico de Brasília. No entanto, dada a dinamicidade da construção e apropriação da cidade, ao longo do tempo outros documentos surgiram na tentativa de complementar e detalhar as diretrizes para intervenção urbana, bem como discriminar e regulamentar os aspectos de valoração a serem preservados.

Durante os anos iniciais de construção da capital, já havia uma preocupação em preservar o seu projeto original concebido por Lucio Costa, dada sua significação na construção do imaginário coletivo de um novo tempo de desenvolvimento, o ideário do nacionalismo de um tempo moderno, que seria possível com a transferência da capital da região litorânea para a região central do país. No entanto, muitos se mostravam resistentes e céticos quanto à mudança da capital.

Após a inauguração de Brasília, em 15 de junho de 1960, o presidente Juscelino Kubistchek encaminhou bilhete a Rodrigo Melo de Franco Andrade, chefe do Iphan na época, solicitando que o Plano Piloto fosse avaliado com o intuito de proteger a nova capital através do tombamento ao avistar possíveis “investidas demolidoras”. Além disso, no mesmo ano foi criada a Lei nº3751/1960 que trata da organização administrativa do Distrito Federal, a qual estabelece a necessidade de autorização de lei federal para a realização de qualquer modificação no plano-piloto durante o processo de urbanização de Brasília (IPHAN, 2016).

Em 1985, é elaborado um estudo desenvolvido pelos arquitetos Maria Elisa Costa e Adeildo Viegas de Lima de avaliação do processo de urbanização de Brasília desde a sua concepção até a data do referido ano, que resultou no documento “Brasília 57-85: do plano-piloto ao Plano Piloto”. Ressalta-se que, Lucio Costa assessorou esse estudo, o qual foi utilizado como referência para elaboração do documento “Brasília Revisitada 1985/1987: Complementação, Preservação, Adensamento e Expansão Urbana” de sua autoria (IPHAN, 2016).

Nesse documento, Lucio Costa (1985-87) trata dos atributos do patrimônio cultural e a necessidade de se preservar características fundamentais do plano piloto da capital, as quais são definidas por ele como:

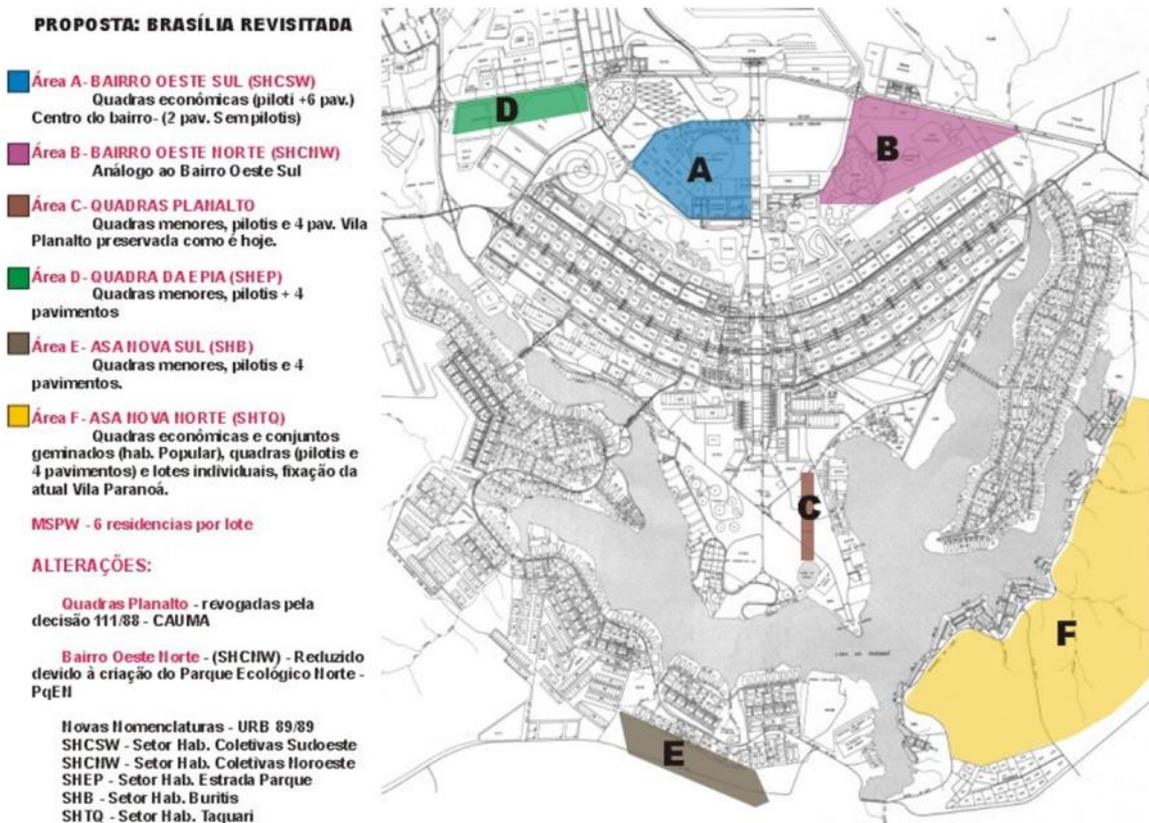
1. **A interação das quatro escalas urbanas:** a monumental, a residencial, a gregária e a bucólica.
2. **A estrutura viária:** pensada no tráfego livre, sem engarrafamento, e “funcionando como arcabouço integrador das várias escalas urbanas”.

3. **A questão residencial:** a criação de áreas de vizinhança e admissão apenas de habitações multifamiliares na região central nas superquadras e as casas isoladas mais distantes do centro. A concepção de “morar em apartamento na Superquadra significa dispor de chão livre e gramados generosos contíguos à "casa" numa escala que um lote individual normal não tem possibilidade de oferecer”.
4. **Orla do Lago:** de acesso livre a todos e sem barreiras visuais edificadas, restrição de acesso apenas nas áreas privativas dos clubes “onde prevalece a escala bucólica”.
5. **A importância do paisagismo:** “A memória descritiva do plano deixou clara a importância da volumetria paisagística na interação das quatro escalas urbanas da cidade; o canteiro central da Esplanada gramado, as cercaduras verdes das Superquadras, a massa densamente arborizada prevista para os Setores Culturais [...]”
6. **A presença do céu na proposta do plano piloto:** “[...] integrante e onipresente da própria concepção urbana — os "vazios" são por ele preenchidos; a cidade é deliberadamente aberta aos 360 graus do horizonte que a circunda”.
7. **O não alastramento urbano:** a expansão urbana de Brasília se daria originalmente “através de cidades satélites, e não da ocupação urbana gradativa das áreas contíguas ao núcleo original”. No entanto, Lucio Costa neste momento propõe a “[...] implantação de Quadras Econômicas — ou Comunitárias — ao longo das vias de ligação entre Brasília e as cidades satélites, sendo mantida a destinação das áreas aos fundos desta orla urbanizada à cultura hortigranjeira”, visto as dificuldades de deslocamento de parte considerável da população das cidades satélites para o plano piloto.

A partir dessas características Lucio Costa apresenta recomendações para a preservação do Plano Piloto. Vale ressaltar que, assim como o Relatório do Plano-Piloto de 1957, o documento de Brasília revistada (COSTA, 1985-87) foi norteador para elaboração de outros documentos preservacionistas posteriores.

No documento (COSTA, 1985-87) ainda são estabelecidas recomendações para a expansão e adensamento urbano considerando a configuração e apropriação urbana da capital cerca de 30 anos após sua concepção. A proposta de adensamento constitui-se por seis novas áreas residenciais multifamiliares ilustradas na Figura 56.

Figura 56: Novas áreas de adensamento residencial multifamiliar propostas por Lucio Costa em 1987.



Fonte: COSTA (1985-87).

Ainda em 1987, foi elaborado o “Anteprojeto de Lei de Preservação do Patrimônio Histórico, Natural e Urbano de Brasília” pelo GT/ Brasília a partir de estudos da equipe técnica desenvolvidos para elaboração do Dossiê técnico destinado à apreciação pela Unesco visando a sua inscrição na Lista de Patrimônio Mundial. No entanto, o anteprojeto não foi apresentado à mesma, mas sim o decreto nº 10829/87 do Governo do Distrito Federal (GDF), elaborada por Ítalo Campofiorito com a ciência de Lucio Costa (IPHAN, 2016).

O decreto foi a primeira normativa com enfoque na preservação do projeto urbanístico da capital e veio para atender as exigências estabelecidas pela Unesco para respaldar sua inclusão na Lista de Patrimônio Mundial (IPHAN, 2016), ao final de 1987. Por fim, em 14/03/1990, é homologada sua inscrição na Lista de Tombo histórico, conferindo-lhe tombamento federal. Dessa forma, Brasília é protegida legalmente por três instâncias (GDF, Unesco e pelo tombamento federal).

As discussões a cerca do tema continuaram nos anos seguintes após o tombamento. Em 1989, foi publicado o “Anteprojeto de Lei de Preservação do Patrimônio Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico do Distrito Federal”, documento elaborado por comissão composta por GDF e Iphan. Em

1992, foi publicada a portaria nº 314 do Iphan para regulamentação da proteção do Conjunto Urbanístico de Brasília (IPHAN, 2016).

A portaria nº 314 (IPHAN, 1992) definiu o bem tombado como aquele construído durante a implantação da nova capital a partir do Plano Piloto elaborado pelo arquiteto Lucio Costa, o qual venceu o concurso nacional na época. A área de tombamento consiste na região delimitada pelo Lago Paranoá a leste, córrego Vicente Pires ao sul, córrego Bananal ao norte e pela Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA) a oeste. As características das quatro escalas estabelecidas por Lúcio Costa para a cidade (a monumental, a residencial, a gregária e a bucólica) foram definidas como objetos de preservação, que são apresentadas a seguir de acordo com o documento.

No que tange a escala monumental é prevista a preservação do eixo monumental da Praça do Buriti até a Praça dos Três Poderes. Nessa última incluem-se suas edificações principais (Palácio do Planalto, Supremo Tribunal federal e Congresso Nacional) e elementos escultóricos contidos nela e no seu entorno imediato, tais como, a Pira e o Panteon. Tanto o Palácio do Itamaraty, como o Palácio da Justiça, localizados próximos à praça, também estão incluídos. Não são objetos de preservação somente os palácios e monumentos citados, mas os espaços não edificados contíguos e os acessos de entrada principal ao público dos mesmos. Há preocupação em preservar a visibilidade do conjunto urbanístico, não sendo permitidas construções acima do solo no canteiro central verde do eixo monumental. A setorização existente próxima à plataforma rodoviária e a esplanada dos ministérios deve ser preservada, sendo presentes o setor cultural no sentido norte e sul, e a catedral metropolitana no sentido sul. A esplanada dos ministérios deve ser utilizada apenas para fins dos ministérios federais sendo permitida como exceção a construção de edificações anexas de apoio aos servidores como pequenos comércios e serviços de um pavimento sobre pilotis e em nível de mezanino, localizadas na área externa do meio do bloco à região posterior do mesmo, conforme já previsto no plano piloto. Nos terrenos contíguos aos Ministérios é possibilitado à construção de edificações anexas desde que destinada à expansão dos serviços inerentes a atividade fim dos mesmos e que tenham no máximo a cota de coroamento dos anexos existentes (IPHAN, 1992).

Quanto à escala residencial, são exigidas à obediência a vários parâmetros para a conformação das superquadras localizadas na asa norte e sul, tais como, a taxa de ocupação máxima da totalidade dos conjuntos habitacionais de 15% por superquadra, acesso único para transporte de automóvel, afastamento de 20 metros com densa arborização em todo perímetro, número de pavimentos das unidades de habitação conjunta (3 ou 6 pavimentos dependendo da superquadra), a exigência desses conjuntos habitacionais possuírem pilotis no pavimento térreo sendo permitida nesse apenas construções destinadas ao acesso e à portaria (IPHAN, 1992).

A escala gregária refere-se à região central da cidade dada pela intersecção do eixo monumental com o rodoviário, sendo constituída pela plataforma rodoviária ao centro e pelos seguintes setores: “de Diversões, Comerciais, Bancários, Hoteleiros, Médicos- Hospitalares, de Autarquia e Rádio e Televisão Sul e Norte”(IPHAN, 1992, pg.3), para os quais são definidos parâmetros urbanísticos de uso, gabarito, entre outros.

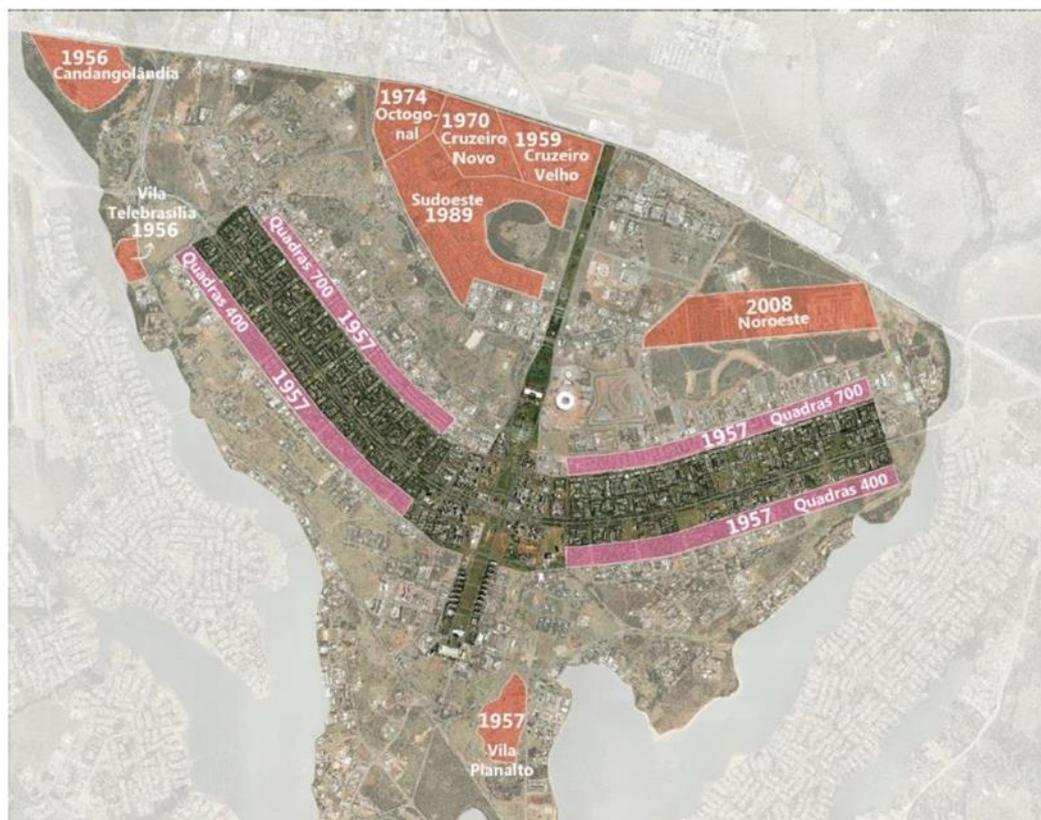
A escala bucólica refere-se às áreas livres destinadas ao lazer e ao paisagismo em toda a área tombada, ou seja, áreas não edificadas e que não haja previsão institucional de edificar. Há disposições para preservação da vegetação nativa, arborização em forma bosque, sendo que no entorno direto da Praça dos Três é previsto a arborização em massa de araucária. São permitidas construções de pequeno porte desde que atendam a certos requisitos e sejam apreciados pelo CAUMA e IBPC. Ressalta-se que outras exigências são estabelecidas para as quatro escalas propostas por Lúcio Costa para Brasília na portaria nº 314 (IPHAN, 1992).

Visando complementar e detalhar essa portaria, foi publica recentemente a portaria nº 166 de 2016 do Iphan partindo do entendimento de que a cidade é dinâmica e que o espaço, como definido por Milton Santos, é uma configuração histórica, onde novas variáveis são adicionadas ao decorrer do tempo. Além disso, Brasília possui um “acervo urbano incomum, de grande extensão, contemporâneo, sob intensa dinâmica urbana e mais: um projeto autoral e inconcluso” (IPHAN, 2016, p. 4). O conjunto urbanístico de Brasília possui a maior área urbana tombada mundialmente com 1112,25 km² sendo necessário considerar a heterogeneidade em sua morfologia, na temporalidade e na valoração conforme apropriação e história da cidade (IPHAN, 2016, p. 12):

Estão inseridos na área tombada, além do plano piloto concebido por Lúcio Costa, os setores acrescidos ao projeto original ainda no início de implantação da cidade (Quadras 400, 700 etc.); as áreas remanescentes de canteiros de obras da construção da cidade, que foram consolidadas pelo uso popular e fixadas pelo governo local (Candangolândia, Vila Planalto, Vila Telebrasília etc.); os núcleos urbanos surgidos no início da cidade, mas fora da estrutura urbana do núcleo original (Cruzeiro Velho, Cruzeiro Novo); e os núcleos residenciais recentes, propostos no documento Brasília Revistada de 1987 (Sudoeste e Noroeste).

Na Figura 57 é possível observar esses núcleos residenciais que foram acrescidos ao projeto original do Lucio Costa com a data que se iniciou a apropriação de cada área residencial de 1956 até 2008.

Figura 57: Planta do Conjunto Urbanístico de Brasília indicando os principais setores (áreas) residenciais acrescentados ao plano original.



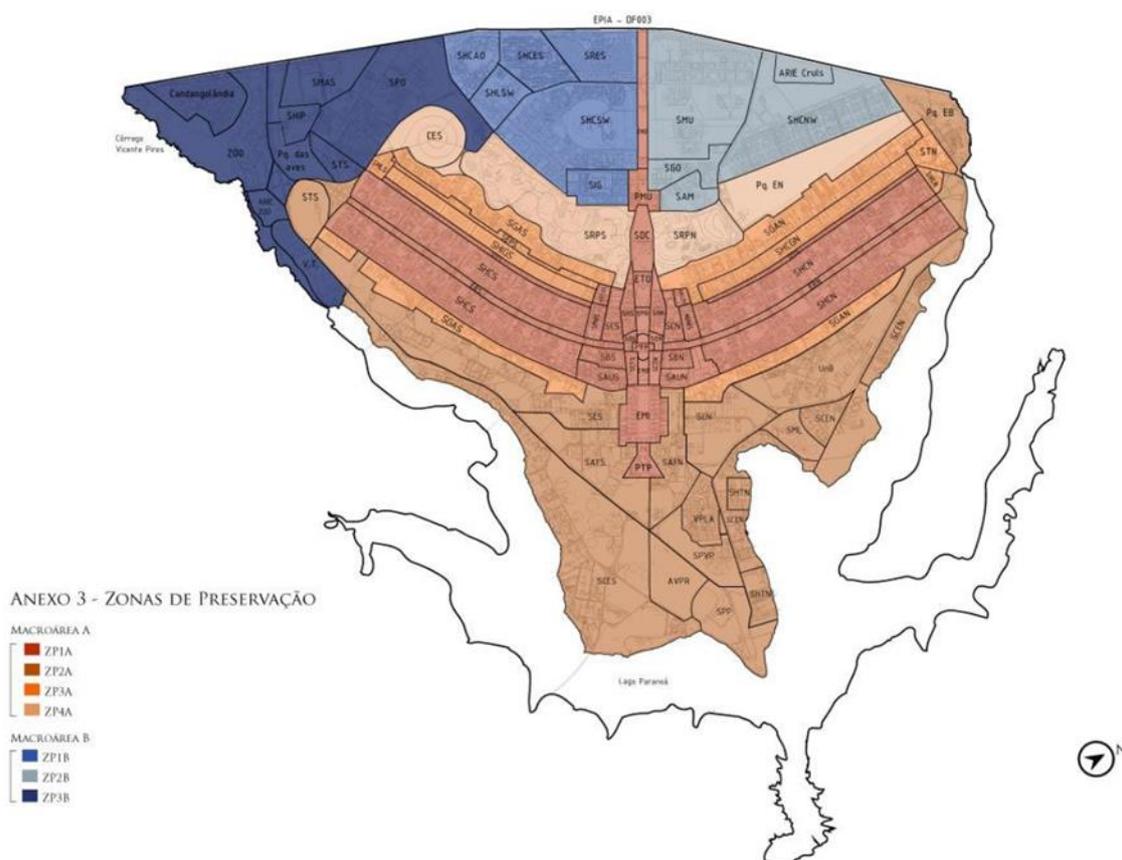
Fonte: Portaria nº 166 (IPHAN, 2016, adaptado)

A ideia proposta na portaria nº 166 (IPHAN, 2016) foi de estabelecer uma abordagem preservacionista própria que considere a multiespacialidade da cidade, a qual se difere de daquela aplicada aos centros urbanos históricos que mantiveram consideravelmente seu estado dado o lapso temporal, ou seja, estratificados pelo tempo. Dessa forma, considerando o histórico de discussões, documentos e normativas relativos à preservação do Conjunto Urbanístico de Brasília até a data de publicação dessa portaria²⁴, foram definidas por essa duas macroáreas de proteção (A e B) do conjunto tombado, as quais foram divididas em Zonas de Preservação (ZPs), que, por sua vez, foram divididas em Áreas de Preservação (APs).

²⁴ Destacam-se os dez seguintes documentos: (I) Relatório do Plano Piloto de Brasília – Lucio Costa, 1987; (II) Brasília 57-85: do plano-piloto ao Plano Piloto – Maria Elisa Costa e Adeildo Viegas de Lima, sob a assessoria de Lucio Costa, 1985; (III) Brasília Revisitada 1985/1987: Complementação, Preservação, Adensamento e Expansão Urbana – Lucio Costa, 1987; (IV) Anteprojeto de Lei de Preservação do Patrimônio Histórico, Natural e Urbano de Brasília – GT/ Brasília, 1987; (V) Decreto GDF nº 10829/1987 – Ítalo Campofiorito, sob assessoria de Lucio Costa; (VI) Anteprojeto de Lei de Preservação do Patrimônio Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico do Distrito Federal – Comissão Interinstitucional composta por GDF/Iphan, 1989; (VII) Portaria Iphan nº314/1992; (VIII) Brasília Patrimônio Cultural Contemporâneo: Critérios de Preservação para o Conjunto Urbanístico do Plano Piloto, Grupo de Trabalho Conjunto Iphan/ GDF – GTC, 1995; (IX) Minuta de nova portaria para substituir a 314 – DEPAM/Iphan, 2013; (X) Missões de monitoramento do Comitê do Patrimônio Mundial da Unesco.

As macroáreas foram definidas “de acordo com a simbologia histórica e urbanística que representam os setores da cidade na constituição de sua paisagem urbana” (IPHAN, 2016, p. 12). A macroárea A refere-se ao plano piloto de Brasília, setores que foram incluídos no projeto no início da construção da cidade e a paisagem urbana a leste composta pelo Lago Paranoá e a vista da cumeada de sua bacia. Essa área é entendida como de interesse especial de preservação, onde são expressas as quatro escalas de concepção urbana. Já a macroárea B refere-se a região oeste do plano piloto, compostas por setores de importância secundária (Cruzeiro Novo, Sudoeste, Candangolândia, entre outros), que surgiram em distintas épocas e que não estavam incluídas no Plano Piloto do Lucio Costa. Na Figura 58 é apresentada as ZPs de acordo com cada uma dessas macroáreas.

Figura 58: Mapa da área tombada contendo as duas macroáreas de proteção com as ZPs: A, em tons terrosos, e B, em tons de azul.



Fonte: Portaria nº 166 (IPHAN, 2016, adaptado)

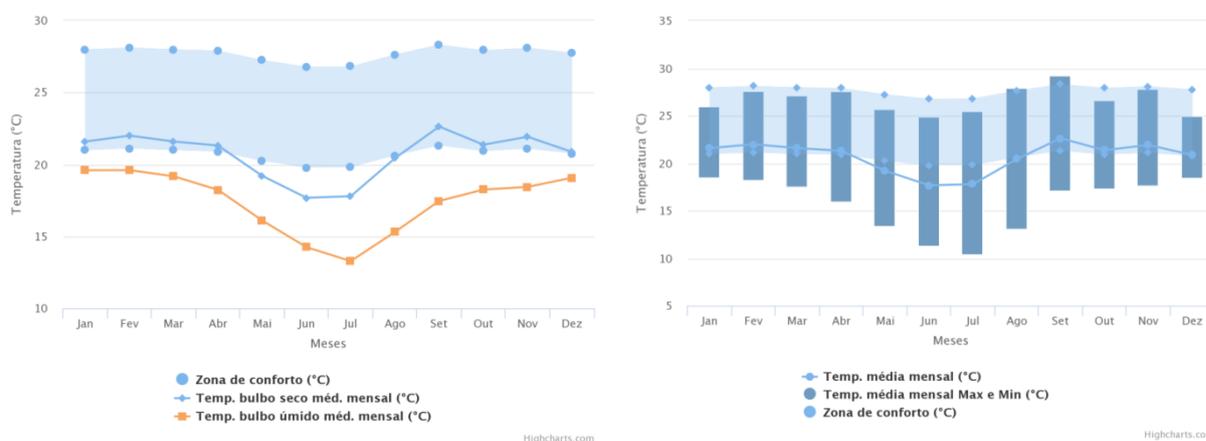
O intuito dessa sistematização por macroáreas e ZPs foi considerar a diversidade e representatividade urbanísticas existentes em seu território para estabelecer de forma objetiva as diretrizes e critérios de intervenção de acordo com as especificidades de cada área.

6.1.3. Aspectos geográficos e climáticos de Brasília

Brasília localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, no Distrito Federal, na latitude -15.8° , longitude -47.9° e altitude de 1161 m^{25} . A cidade está na Zona Bioclimática 4 de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005). O clima é o tropical com estação seca no inverno pela classificação Köppen-Geiger (CARDOSO, MARCUZZO, BARROS, 2015). A capital brasileira possui verões úmidos e invernos secos, podendo apresentar ao longo do ano períodos noturnos frios no inverno e tardes quentes (FERREIRA, SOUZA, ASSIS, 2014).

De acordo com os dados climáticos do INMET 2016 (PROJETEEE, 2017), Brasília possui temperatura média mensal máxima de $29,19^\circ\text{C}$ em setembro e temperatura média mínima de $10,36^\circ\text{C}$ em julho, e apresenta, em geral, grande amplitude térmica diária (Figura 59). Os valores de precipitação das chuvas mais baixos ocorrem em maio a setembro, já umidade relativa apresenta valores mais baixos nos meses de julho a setembro (Figura 60). A radiação global horizontal máxima diária varia de $616,23 \text{ Wh/m}^2$ a $933,61 \text{ Wh/m}^2$ ao longo do ano (Figura 61), possuindo maior incidência solar na fachada norte (Figura 62). A capital possui ventos predominantes Leste com velocidade de até 6 m/s (Figura 63).

Figura 59: Gráficos de temperatura e zona de conforto térmico de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016



Fonte: Projeteee (2017).

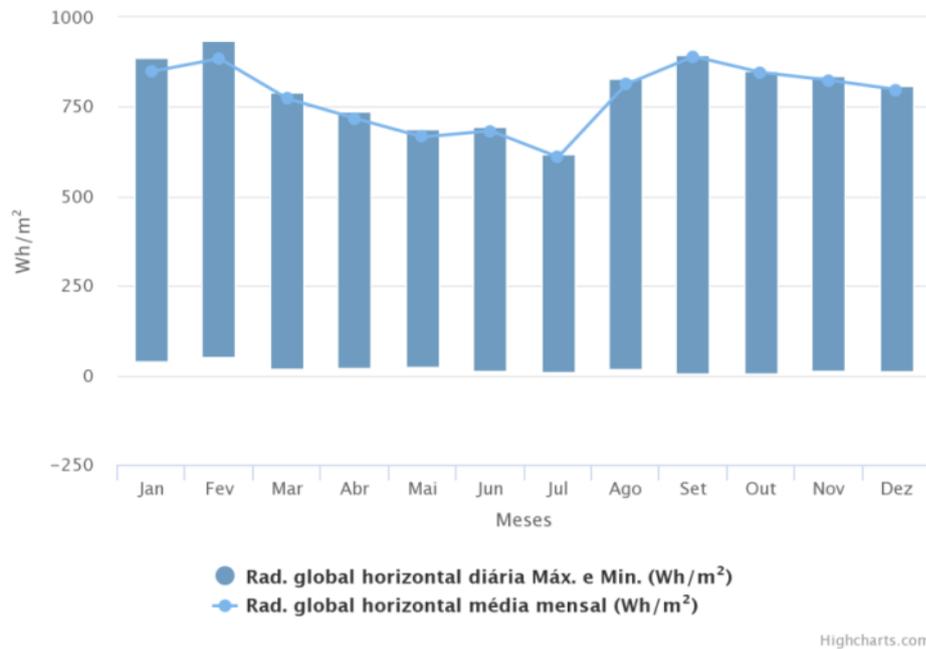
²⁵ Dados da localização geográfica da estação meteorológica Brasília-A001 do INMET (2018).

Figura 60: Gráfico de precipitação de chuva e gráfico de umidade relativa de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



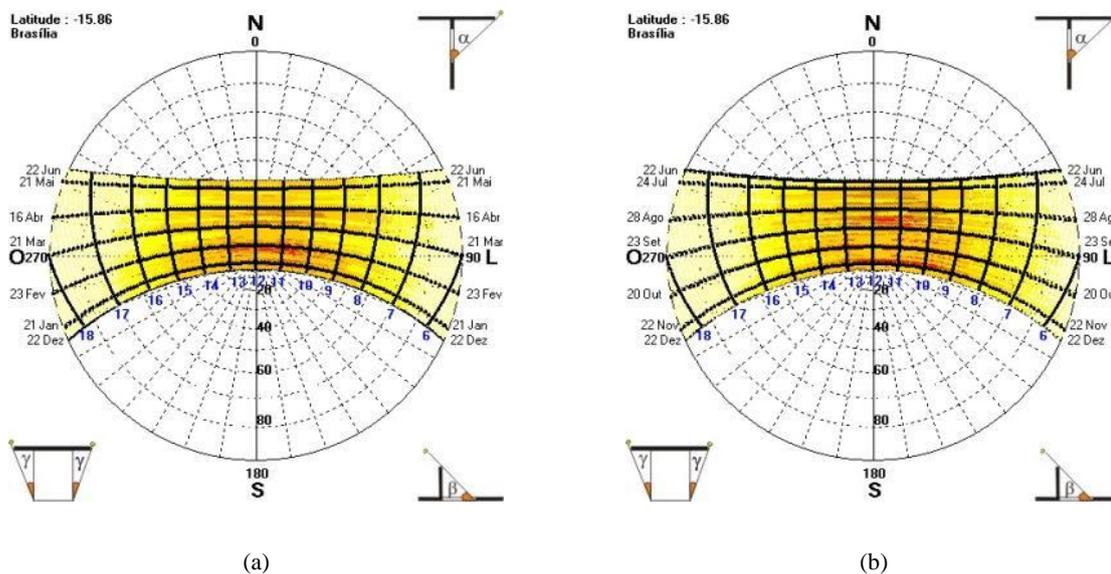
Fonte: Projeteee (2017).

Figura 61: Gráfico de radiação global horizontal diária máxima e mínima mensal com valores médios de Brasília baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



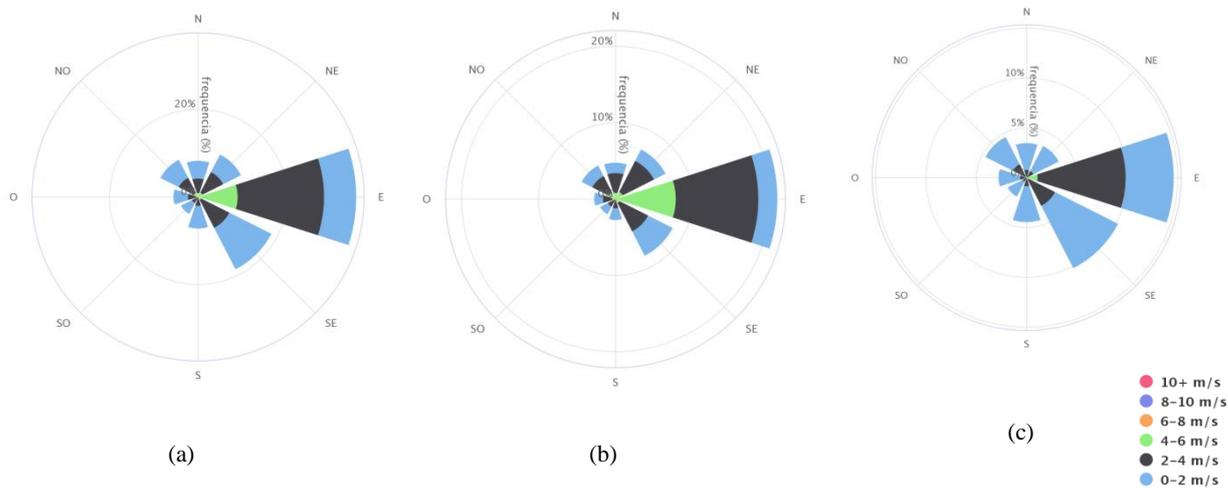
Fonte: Projeteee (2017).

Figura 62: Carta solar de Brasília (a) até 21 de junho e (b) após 21 de junho, baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.



Fonte: Projeteee (2017).

Figura 63: (a) Rosa dos ventos de Brasília, rosa dos ventos (b) de dia e (c) a noite baseado nos arquivos climáticos INMET 2016.

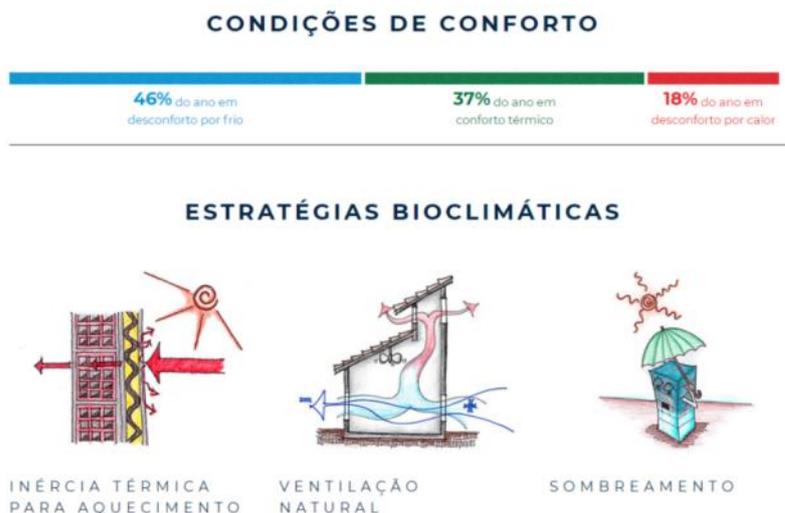


Fonte: Projeteee (2017).

De acordo com Projeteee (2017), as condições de conforto ao longo do ano em Brasília variam de acordo com a estação do ano, conforme apresentado na Tabela 19. A capital do Brasil apresenta por ano em média 46% em desconforto por frio, 18% em desconforto por calor, e 37% em conforto térmico, conforme Figura 64. As principais estratégias bioclimáticas são: inércia térmica para

aquecimento; ventilação natural; e sombreamento, cujos percentuais de aplicabilidade são apresentados na Tabela 20. Além dessas estratégias, nas estações de outono e inverno, é recomendada a estratégia de aquecimento solar passivo.

Figura 64: Condições de conforto anual e principais estratégias bioclimáticas para Brasília



Fonte: PROJETEEE (2017)

Tabela 19: Percentual de aplicabilidade das estratégias bioclimáticas em Brasília

Percentual de aplicabilidade das estratégias bioclimáticas		
Inércia térmica para aquecimento	Ventilação Natural	Sombreamento
Média geral: 52%	Média geral: 22%	Média geral: 10%
Por estação verão 43% outono 59% inverno 52% primavera 57%	Por estação verão 37% outono 15% inverno 9% primavera 23%	Por estação verão 18% outono 5% inverno 3% primavera 12%
Por horário Manhã 50% Tarde 7% Noite 54% Madrugada 75%	Por horário Manhã 18% Tarde 37% Noite 38% Madrugada 8%	Por horário Manhã 16% Tarde 34% Noite 0% Madrugada 0%

Fonte: Adaptado de PROJETEEE (2017)

Tabela 20: Condições de conforto por estação do ano e principais estratégias bioclimáticas para Brasília

Estação do ano	% em desconforto por frio	% em conforto térmico	% em desconforto por calor	Principais estratégias bioclimáticas
Verão	36	28	36	Inércia térmica para aquecimento Ventilação natural Sombreamento
Primavera	42	38	19	Inércia térmica para aquecimento Ventilação natural Sombreamento
Inverno	52	44	4	Inércia térmica para aquecimento Aquecimento solar passivo Ventilação natural
Outono	52	36	12	Inércia térmica para aquecimento Aquecimento solar passivo Ventilação natural

Fonte: Adaptado de PROJETEEEE (2017)

Além das estratégias bioclimáticas de ventilação natural e sombreamento definidas no tópico anterior, o contexto climático de Brasília exige que a envoltória de suas edificações apresente inércia térmica para aquecimento ao longo do ano.

Essa estratégia é interessante de ser aplicada em climas secos onde a amplitude de temperatura térmica diária é grande, superior a 7° C. Quando a envoltória possui elevada inércia térmica implica o atraso do fluxo de calor do ambiente externo para o interno e diminuição da amplitude térmica interna, uma vez que o componente possui elevada capacidade de armazenamento de calor. Dessa forma, a temperatura interna apresentará uma diminuição/ amortecimento em relação à temperatura exterior. Essa estratégia é interessante tanto para o verão, absorvendo o calor e diminuindo a temperatura interna; como para o inverno, armazenando calor e liberando no período noturno. No entanto, para que haja aquecimento é necessário que os componentes construtivos estejam bem orientados (PROJETEEEE, 2017).

6.1.4. Localização e implantação das edificações históricas em Brasília

O Palácio da Justiça, localizado nas margens da Esplanada dos Ministérios, compõe com o Palácio do Itamaraty, edifício oposto, e com o edifício do Congresso Nacional, um cenário próprio com uma implantação que espelha a existente na Praça dos Três Poderes, configurando um triângulo oposto, como pode ser observado na Figura 65.

Figura 65: Localização do Palácio da Justiça e do Palácio do Itamaraty na Esplanada dos Ministérios em Brasília.



Fonte: Google Earth (2018), adaptado.

O Palácio da Justiça e o Palácio do Itamaraty compõem uma relação visual e plástica intencional do seu autor, Oscar Niemeyer, constatado pela estrutura de arcos das fachadas principais, gabarito, volumetria, espelhos d'água e jardins.

As ideias para o Itamaraty (o 'palácio de pedra' ou 'das arcadas'), Sede do Ministério das Relações Exteriores, e o Palácio do Ministério da Justiça, erguidos ao longo das amplas avenidas retas que convergem sobre a Praça dos Três Poderes, seriam fruto da intenção de justapor, de acordo com o 'plano piloto', às inebriantes linearidades e aos ritmos flutuantes das outras edificações – simbolizando o dinamismo e a criatividade do 'mecanismo democrático moderno' (PUPPI, 1988, p.34).

Os dois palácios, denominados de Ministério da Justiça e Ministério das Relações Exteriores, possuem edifícios anexos e ficam na extremidade do conjunto dos ministérios, destacando do padrão regular desses pela sua arquitetura diferenciada.

6.2. Palácio do Itamaraty

6.2.1. Aspectos históricos e de valoração do Palácio do Itamaraty

O Palácio do Itamaraty, sede do Ministério das Relações Exteriores em Brasília, era antes denominado de Palácio dos Arcos, nome inspirado nos arcos inovadores proposto pelo arquiteto Oscar Niemeyer.

Contudo, outros nomes foram cogitados, entre eles, Palácio Rio Branco e Palácio das Bandeiras como relata Mendes.

[...] Presidente da Comissão de Transferência tinha três sugestões: Palácio Rio Branco, Palácio das Bandeiras e Palácio dos Arcos. O primeiro nome seria uma homenagem ao Patrono da diplomacia brasileira; o segundo honraria o heroísmo dos bandeirantes na formação de nossas fronteiras e o terceiro inspirava-se nos arcos que rodeiam o novo Palácio, a obra-prima de Niemeyer. E por que não o tradicional Itamaraty? O Presidente da Comissão achava que, no final, prevaleceria o nome que o povo escolhesse. [...]. Na verdade, a discussão não tinha muito sentido. O nome Palácio do Itamaraty já estava escolhido desde o lançamento da pedra fundamental do edifício, no dia 11 de setembro de 1960, pelo Presidente Juscelino Kubitschek (MENDES, 1995, p.31).

A história da nova sede do Ministério das Relações Exteriores esteve diretamente relacionada com o processo de mudança da nova capital do país para Brasília. Segundo os depoimentos de Murtinho (1990), o Ministério das Relações Exteriores seria o elemento catalisador para a consolidação da nova capital, pois impulsionaria o estabelecimento dos demais ministérios, além da vinda do complexo diplomático e embaixadas estrangeiras.

Projetado por Oscar Niemeyer e equipe, na qual se destacaram Joaquim Cardoso, Milton Ramos e Olavo Redig de Campos, chefe do Serviço de Conservação do Patrimônio do Ministério das Relações Exteriores, o Palácio do Itamaraty teve sua construção finalizada em 1969. O projeto paisagístico dos jardins foi realizado por Burle Marx. A escultura “Meteoro”, localizada na fachada frontal da edificação, foi realizada por Bruno Giorgi. E grandes artistas também revestiram as paredes do Palácio como Athos Bulcão, Sérgio de Camargo, Rubem Valentim, Volpi e outros.

O Ministério das Relações Exteriores é composto por três edificações interligadas por passagens, sendo que o prédio principal – Palácio do Itamaraty – se destina às dependências de caráter representativo exigidas pelas tradições diplomáticas, o Anexo I é destinado à administração, e o Anexo II, popularmente conhecido como “Bolo de Noiva” abriga a Biblioteca e os Arquivos, o Instituto Rio Branco, a Fundação Alexandre Gusmão e o Setor de Comunicações.

Os aspectos de valoração considerados no tombamento do Palácio do Itamaraty, não fogem à consideração de sua localização no espaço que introduz a Praça dos Três Poderes, entre a Esplanada dos Ministérios e o Congresso Nacional, área estratégica da cidade do ponto de vista simbólico. A baixa densidade de ocupação, confirma a intenção do projeto urbanístico voltada para a valorização das visadas monumentais, perspectivas hierarquizadas e a valorização da monumentalidade e imponência, que caracterizam as edificações oficiais. O Itamaraty, pelo tratamento de suas fachadas, volume e composição arquitetônica, se destaca em relação à Esplanada dos Ministérios, caracterizada pela sucessão equidistante e absolutamente ritmada de edificações idênticas. O Anexo II deste edifício,

ao contrário dos demais anexos dos ministérios dispostos ao longo da esplanada, utiliza quase que exclusivamente formas curvas, com exceção da passarela de acesso ao Bloco Administrativo. A diferenciação da forma do Itamaraty em relação aos demais ministérios e seus respectivos anexos permite uma apreensão diferenciada do mesmo em relação ao conjunto que lhe confere autonomia e destaque.

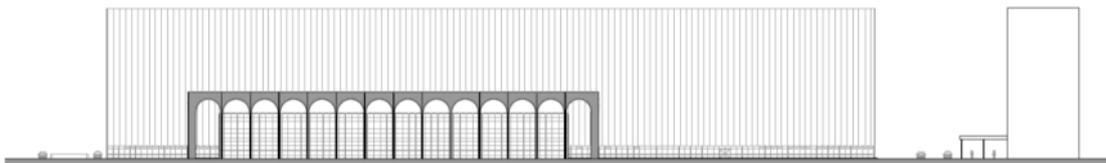
Além dos elementos citados acima, que atribuem valorização ao edifício enquanto parte do conjunto e ao mesmo tempo, o destaca enquanto elemento individualizado por suas particularidades, o Palácio do Itamaraty possui como elementos de valorização seu partido arquitetônico e volumetria: perfeitamente quadrado, com projeção de 86x86m, diferentemente dos demais palácios de Brasília cuja forma básica deriva de proporções retangulares, as fachadas e caixa de vidro, os jardins e espelhos d'água, a arcada com suas formas e especificidades do processo construtivo, o tratamento de elementos estruturais enquanto partido arquitetônico, seus materiais de pisos e revestimentos.

6.2.2. Caracterização geral do Palácio do Itamaraty

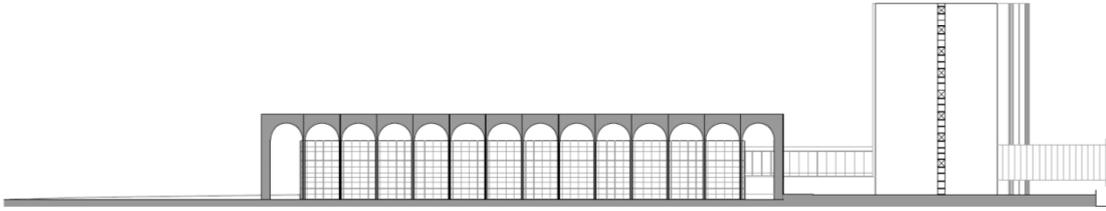
O Palácio do Itamaraty é constituído por um volume de planta regular quadrada, fachada envidraçada, e possui recuo de seis metros em relação ao limite da cobertura, o que não garante sombreamento suficiente nas fachadas (Figura 66). O edifício é composto por quatro pavimentos, cujas plantas estão apresentadas na Figura 67.

Figura 66: Fachadas do Palácio do Itamaraty.

Fachada Norte

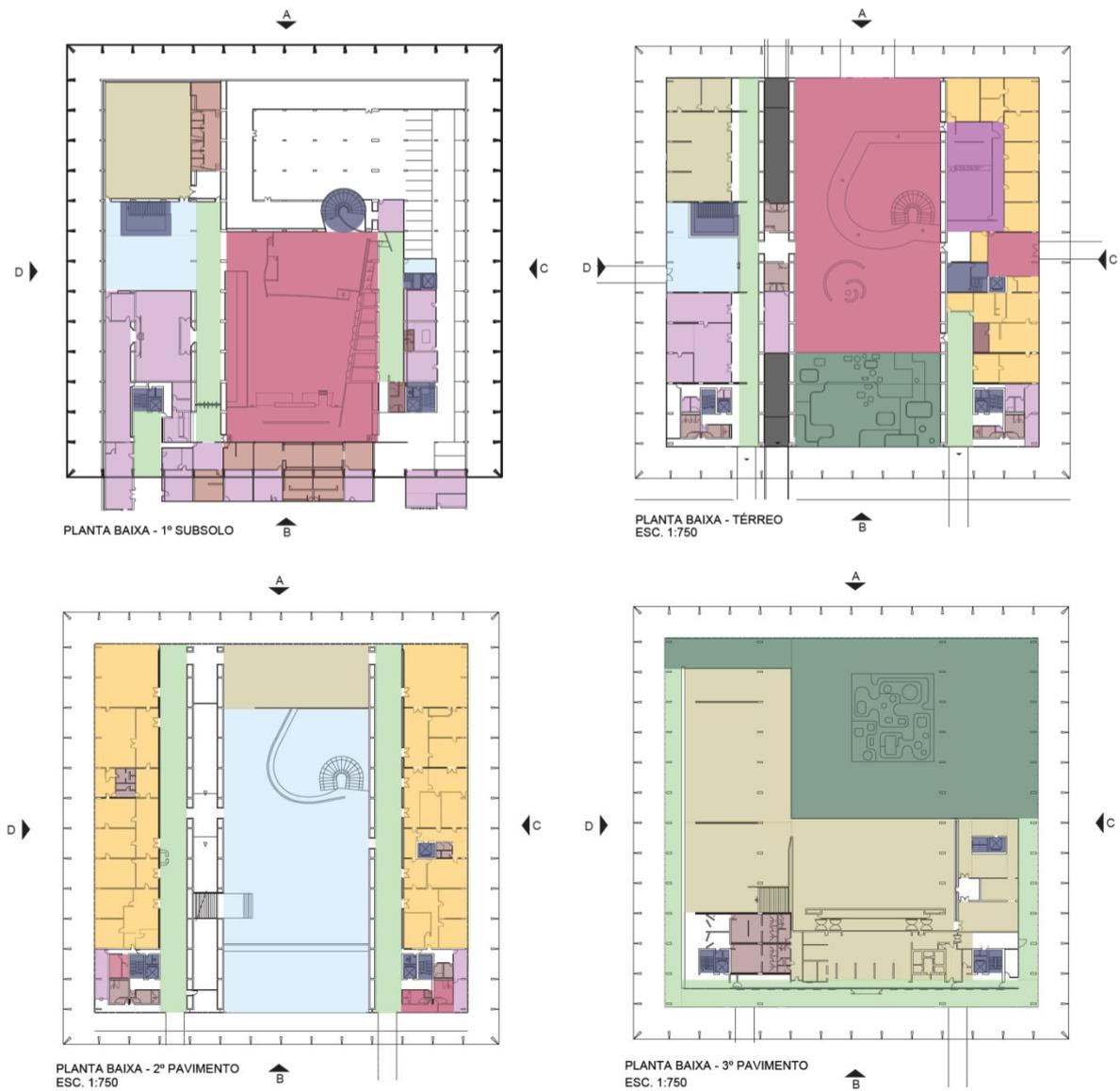


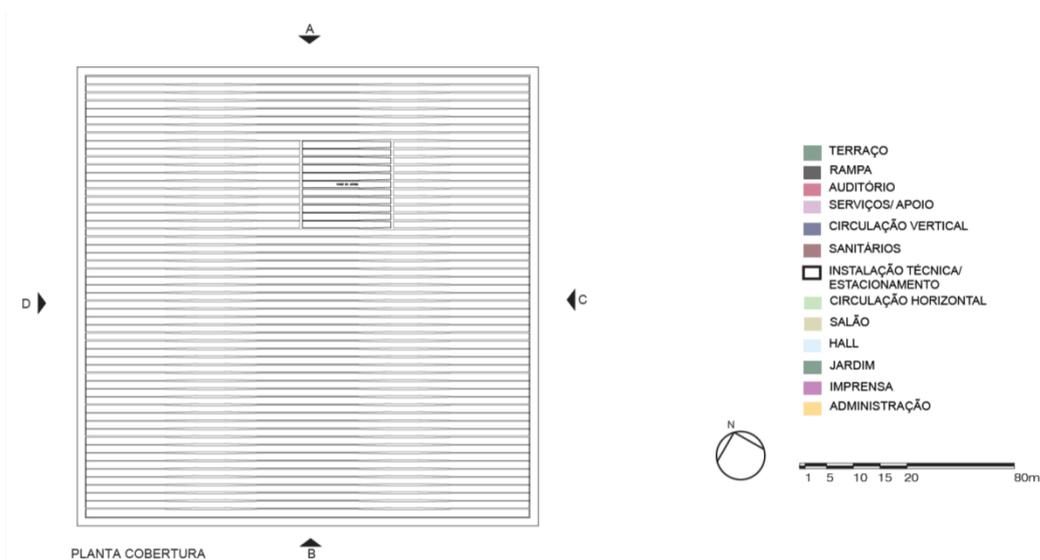
Fachada Oeste



Fonte: Setor de Arquitetura e Engenharia - SARQ do Palácio do Itamaraty (2017), adaptado.

Figura 67: Plantas dos pavimentos e de cobertura do Palácio do Itamaraty por uso.





Fonte: Setor de Arquitetura e Engenharia - SARQ do Palácio do Itamaraty (2017), adaptado.

O pavimento térreo possui três entradas, uma central e duas laterais. A entrada central é apenas acessada por convidados do governo em visitas oficiais. A entrada lateral direita do Palácio é acessada para visita pública e a do lado esquerdo se destina ao acesso do ministro. No térreo realiza atividades como cerimonial, apartamento e outros espaços destinados ao uso exclusivo do ministro como receptivo, imprensa, administrativo e serviços. Como é descrito no Inventário de bens arquitetônicos do Iphan:

Estas atividades estão agrupadas em três grandes setores longitudinais determinados pelas paredes estruturais. O central se ocupa basicamente das funções de recepção, sendo composto de apenas um grande salão, acessado principalmente pela fachada frontal, voltada ao Eixo Monumental. Ambientam este extenso salão um delicado e imponente mezanino que resulta do recorte caprichoso da laje do segundo pavimento, os jardins tropicais de Burle Marx que interrompem a fachada voltada para o bloco administrativo e ainda um conjunto perfeitamente integrado de elementos arquitetônicos e de arte aplicada (IPHAN, 2008).

O primeiro subsolo concentra as atividades de garagem e adjacências, auditório e espaços de apoio, serviços, conferências e galerias técnicas.

O segundo pavimento possui a mesma organização e disposição geral do térreo, onde estão localizadas atividades como recepção e transição, gabinete e espaços diretamente relacionados como o ministro, secretaria geral e suas respectivas adjacências e a parte dos serviços.

O terceiro pavimento é constituído por um terraço aberto emoldurado pela arcada externa e por uma parte fechada com painéis de vidro, com exceção da lateral direita que é vedada por alvenaria. Como é colocado no inventário: “Esta parte do pavimento se dispõe em “L”, distribuindo estrategicamente os

salões de recepção e de banquetes em torno do jardim de inverno de Burle Marx e possibilitando uma integração perfeita com o mesmo pelo uso inteligente das esquadrias.”

As tecnologias, materiais e sistemas construtivos do Palácio do Itamaraty caracterizam o edifício como arquitetura moderna, mas com diversas particularidades. De forma geral, o edifício apresenta arcabouço estrutural em concreto armado subdividido internamente tanto com paredes executadas em alvenaria de tijolos cerâmicos (sobre as quais foram aplicados reboco liso ou outros acabamentos, principalmente pedra e tecido) ou paredes estruturais, igualmente executadas em concreto. A Tabela 35 apresenta as características gerais do Palácio do Itamaraty.

Tabela 35: Características gerais do Palácio do Itamaraty.

PALÁCIO DO ITAMARATY/ MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES		
Tipologia: arquitetura oficial	Áreas:	
Uso original/uso atual: Ministério de Relações Exteriores	1° subsolo	5.472,00 m ²
Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer e equipe	Térreo	5.184,00 m ²
Época da construção: 1963 a 1970	2° pavimento	4.572,00 m ²
Número de pavimentos: 4 , sendo 3 acima e 1 abaixo da rua	3° pavimento	5.184,00 m ²
Dimensões gerais:	Área total construída	20.412,00 m ²
Altura da fachada: aproximadamente 14 metros	Área do terreno	23.939,10 m ² *
Largura: 86 m		
Profundidade: 86 m		
Cobertura: laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas		
Fechamento vertical: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê de 6 mm, janelas de correr na vertical e portas de correr.		
Estrutura: concreto armado.		

Fonte: A autora.

6.2.3. Caracterização da envoltória do Palácio do Itamaraty

As fachadas do edifício apresentam esquadrias de alumínio natural, com janelas do tipo guilhotina, contendo vidros fumê de 6 mm de espessura (GRILLO, 2005), conforme ilustrado na Figura 68. Apenas no terceiro pavimento que há fechamento vertical opaco na fachada oeste.

Figura 68: Fachadas do Palácio do Itamaraty.

Fachada Leste



Fachada Oeste



Fachada Norte



Fachada Sul



Fonte: A autora.

Todo esse pavimento é recuado em relação aos demais pavimentos, criando uma varanda de circulação em todos os lados do edifício. O fechamento de vidro do pavimento térreo e 2º pavimento se prolongam em relação à laje de piso do 3º pavimento, funcionando como guarda-corpo das áreas abertas do último pavimento, conforme ilustrado na Figura 69.

O Palácio do Itamaraty possui cobertura em laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas. Na Figura 70 são ilustrados detalhes da cobertura do edifício.

Figura 69: Detalhes da fachada oeste do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

Figura 70: Detalhes da cobertura do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

Na Tabela 36, são apresentados dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio do Itamaraty.

Tabela 36: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio do Itamaraty.

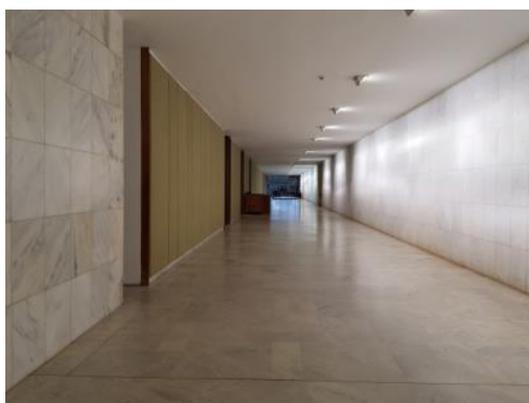
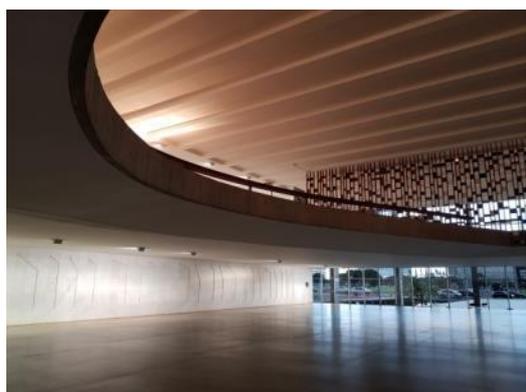
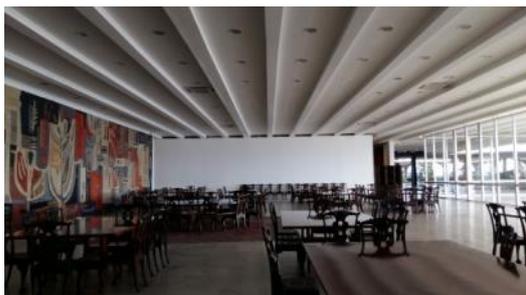
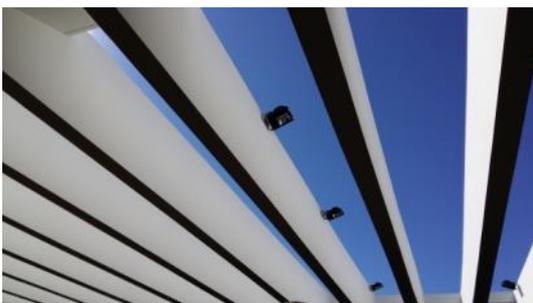
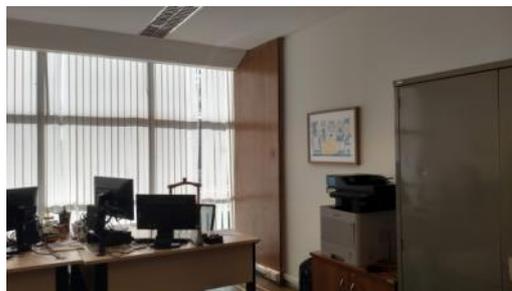
Palácio do Itamaraty – Brasília – ZB 4					
Pré-requisitos		Dados dimensionais da edificação		Características das aberturas	
$U_{\text{COB-AC}}$ (W/m ² K)	1,54	A_{TOT} (m ²)	13064,93	FS (%)	56
U_{PAR} (W/m ² K)	6,12	A_{PCOB} (m ²)	5429,50	PAF _T (%)	95
PAZ (%)	0	A_{PE} (m ²)	4597,89	PAF _o (%)	75
a_{COB} (%)	80	V_{TOT} (m ³)	39971,51	AVS (°)	20
a_{PAR} (%)	86	A_{ENV} (m ²)	8893,12	AHS (°)	0

Fonte: A autora.

6.2.4. Caracterização do sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty

O sistema de iluminação artificial do edifício conta com luminárias dos mais variados tipos, reatores e lâmpadas fluorescentes, de vapor metálico e outras especificações, como alguns exemplos apresentados na Figura 71. Na Tabela 37 são apresentados os quantitativos e a especificação dos componentes do sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty

Figura 71: Sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

Tabela 37: Quantitativos e especificações do sistema de iluminação do Palácio do Itamaraty.

Palácio do Itamaraty			
Pavimento	Especificação	Quantidade	Potência Total (W)
Térreo	Luminárias lâmpadas fluorescentes 2 x 16w	51	1.632
	Luminárias embutir PL 1 x 26W	59	1.534
	Luminárias Lâmpada AR11 50W	10	500
	Luminárias Lâmpada Vapor Metálico 150W	75	11.250
	Spot para Lâmpada Dicroica 50W	12	600
2º Pavimento	Luminárias lâmpadas fluorescentes 2 x 16w	35	1.120
	Luminárias Lâmpada Vapor Metálico 150W	79	11.850
	Luminárias embutir PL 1 x 26W	69	1.794
	Refletores para Lâmpada Vapor Metálico 250W	9	2.250
	Spot para Lâmpada Dicroica 50W	12	600
3º Pavimento	Spot para Lâmpada Dicroica 50W	63	3.150
	Luminárias de Embutir Lâmpada PL 1x26W	177	4.602
	Arandelas - modelo 2 26W	4	208
	Luminárias Lâmpada AR11 50W	14	700
	Refletores de teto (Refletor para Lâmpada Vapor Metálico 250W)	10	2.500
Subsolo	Refletores de teto (Refletor para Lâmpada Vapor Metálico 250W)	28	7.000
	Luminárias embutir PL 1 x 26W	198	5.148
	Luminária Lâmpada Fluorescente 2x16W	115	3680
	Luminárias lâmpadas fluorescentes 2 x 16w	81	2592
	Spot para Lâmpada Dicroica 50W	10	500
Total		1111	63.210

Fonte: A autora.

O Palácio do Itamaraty possui divisão dos circuitos, não possui desligamento automático, e na maioria dos ambientes foi identificada a contribuição de iluminação natural. Esta se deve ao uso de vidros em quase totalidade da área das fachadas, no entanto, em certos horários torna-se incômodo, seja pelo ofuscamento por excesso de luminosidade ou pelo aquecimento pela incidência solar direta no ambiente. O espelho d'água ao redor do edifício contribui para a sensação de ofuscamento. Em alguns ambientes, principalmente na fachada oeste, os usuários se sentem obrigados a usar proteções solares internas na tentativa de amenizar o desconforto em determinados horários do dia. Isso acaba estimulando o uso de iluminação artificial e, conseqüentemente, intensificando o consumo de energia.

6.2.5. Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Palácio do Itamaraty

O sistema de ar condicionado do Palácio do Itamaraty é composto por máquinas com um sistema central VRV/VRF do tipo multi-Split cassette, sendo uma opção considerável, pois o equipamento pode cobrir ambientes com grandes áreas. O sistema VRV/VRF possibilita ligar até 60 unidades independentes, evaporadoras internas, e apenas uma condensadora externa. Foi identificado apenas equipamentos de ar condicionado do tipo Split piso teto em salas específicas, conforme ilustrado na Figura 72.

Figura 72: Sistema de ar condicionado do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

O modelo do ar condicionado geral é o Hitachi, com unidade interna modelo RC124B3P e unidade externa RAP18B3L, classificado como etiqueta A de acordo com o Inmetro (2017), conforme apresentado no Anexo C . Além da eficiência dos equipamentos, o edifício ainda possui as espessuras mínimas exigidas para os isolamentos de dutos de ar condicionado.

6.2.6. Consumo energético do Palácio do Itamaraty

O Palácio do Itamaraty possui sua conta de energia integrada a do Anexo I do Ministério de Relações Exteriores. Dessa forma, não foi possível fazer uma análise individualizada do seu consumo

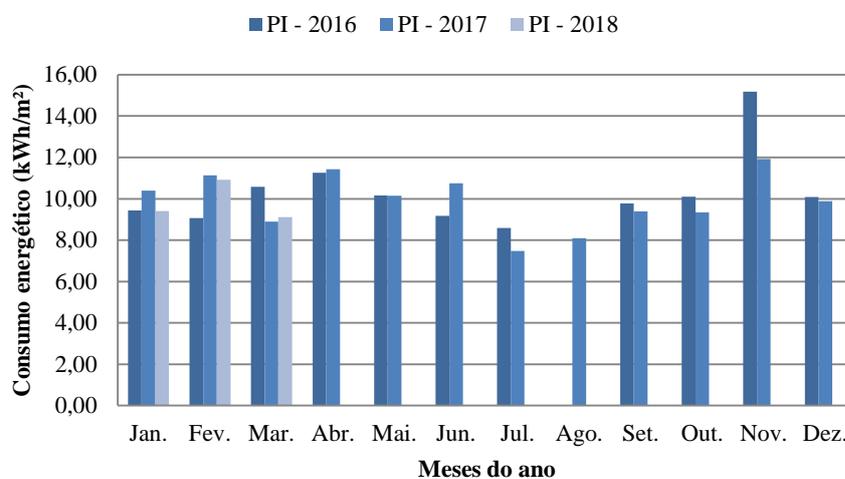
energético a partir dessa fonte de dados. Na Tabela 38 e na Figura 73 são apresentados os valores de consumo energético do período de 2016 a 2018.

Tabela 38: Consumo energético em kWh/m² do Palácio do Itamaraty e Anexo I.

Meses/ Ano	2016	2017	2018
Janeiro	9,43	10,40	9,41
Fevereiro	9,06	11,14	10,91
Março	10,58	8,89	9,11
Abril	11,26	11,43	---
Mai	10,16	10,14	---
Junho	9,18	10,75	---
Julho	8,58	7,48	---
Agosto	---	8,10	---
Setembro	9,78	9,39	---
Outubro	10,11	9,35	---
Novembro	15,19	11,92	---
Dezembro	10,09	9,88	---

Fonte: A autora.

Figura 73: Consumo energético em kWh/m² do Palácio do Itamaraty e Anexo I por mês no período de 2016 a 2018.



Fonte: A autora.

O consumo energético médio do Palácio do Itamaraty e do Anexo I em 2016 foi de 349686 kWh e em 2017 de 335947 kWh, sendo o menor valor identificado em julho de 2017 (253710 kWh) e o mais alto em novembro de 2016 (514969 kWh). Para o período analisado o consumo energético por mês foi de 10,07 kWh/m² e o anual foi de 120,84 kWh/m².ano.

6.3. Palácio da Justiça

6.3.1. Aspectos históricos e de valoração do Palácio da Justiça

O Palácio da Justiça, sede do Ministério da Justiça em Brasília, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e equipe, compõe o conjunto da Esplanada dos Ministérios, no lado oposto ao Palácio do Itamaraty, entretanto, ocupou provisoriamente um andar do Bloco 10 da Esplanada dos Ministérios após a transferência da nova capital para Brasília. Burle Marx projetou o jardim aquático, que fica no espelho d'água abaixo das cascatas, e o jardim de inverno, localizado no terceiro pavimento. E Athos Bulcão teve sua participação no forro acústico do Auditório Tancredo Neves.

Os primeiros estudos de Oscar Niemeyer para o Ministério da Justiça datam de 1961, porém há poucas referências do arquiteto sobre a nova sede desse Ministério. Nesses poucos registros, Niemeyer destacou algumas intenções do seu projeto:

Quando eu estudava este palácio, tive a ideia de criar chafarizes no lago então previsto, e os coloquei entre as colunas do edifício. É a fachada que a todos surpreende e diverte, como eu o havia pressentido (PETIT, 1995, p.39).

A sede do Ministério da Justiça teve sua pedra fundamental lançada em 1962, pelo então Ministro da Justiça Alfredo Nasser. A construção iniciou em 1964 e foi finalizada em 1972, entretanto, houve divergências entre o projeto e a execução, o que culminou, em 1985, uma nova recomposição dos arcos da fachada e a retirada do mármore, que Niemeyer julgou não estarem de acordo com o projeto original.

A relação visual e plástica estabelecida entre o Palácio da Justiça e o Palácio do Itamaraty é confirmada pela estrutura em arcos das fachadas principais, pelo gabarito, pela volumetria e também pelos jardins e espelhos d'água instalados ao redor dos mesmos. Da mesma forma que o Palácio do Itamaraty, os aspectos de valoração considerados no tombamento do Palácio da Justiça, consideram sua localização no espaço que introduz a Praça dos Três Poderes. Também ocorre o destaque das visadas monumentais, perspectivas hierarquizadas e a valorização da monumentalidade e imponência, que caracterizam as edificações oficiais.

Da mesma forma que no Itamaraty, no Palácio da Justiça, além dos elementos citados acima, que atribuem valoração ao edifício enquanto parte do conjunto e ao mesmo tempo, o destaca enquanto elemento individualizado por suas particularidades, o Palácio possui como elementos de valoração seu partido arquitetônico e volumetria: neste caso não sendo quadrado como o Itamaraty, porém, com fachadas quase nas mesmas dimensões, as fachadas e caixa de vidro, os jardins e espelhos d'água, a

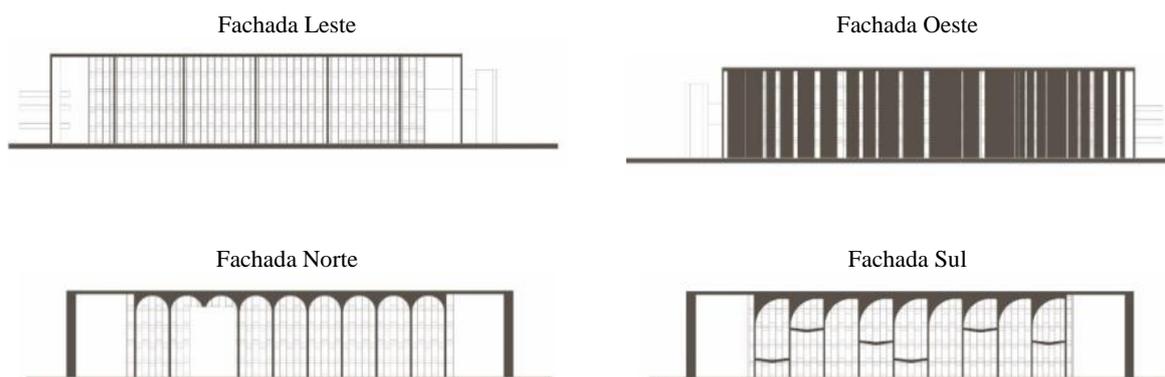
arcada com suas formas e especificidades do processo construtivo, o tratamento de elementos estruturais enquanto partido arquitetônico, seus materiais de pisos e revestimentos.

6.3.2. Caracterização geral do Palácio da Justiça

O Ministério da Justiça é composto por três edificações interligadas por passagens, o prédio principal – Palácio da Justiça, o Anexo I e o Anexo II. Os Anexos do Ministério da Justiça não foram planejados pelo próprio arquiteto como aconteceu no Ministério das Relações Exteriores. À medida que foi ampliando as atribuições do Ministério e o contingente de funcionários, fez-se necessária a aquisição de um edifício anexo. Assim, escolheram o antigo prédio do Tribunal de Contas da União, hoje Anexo I e Anexo II do Ministério da Justiça. A ligação entre os dois anexos é feita por uma passarela suspensa no segundo pavimento e a ligação entre os anexos e o Palácio da Justiça é feito externamente pelo nível do solo.

O edifício principal é constituído por um bloco retangular de 85x75 metros de lados, com um núcleo central envidraçado como em outros palácios de Niemeyer. As fachadas possuem elementos de composição em concreto armado, pilares e/ou arcadas com formas e espaçamentos diferentes, conforme ilustrado na Figura 74. No entorno se encontra os jardins projetados por Burle Marx, com espelho d'água que contorna as fachadas frontais e lateral esquerda e canteiros geométricos preenchidos com vegetação.

Figura 74: Fachadas do Palácio da Justiça.

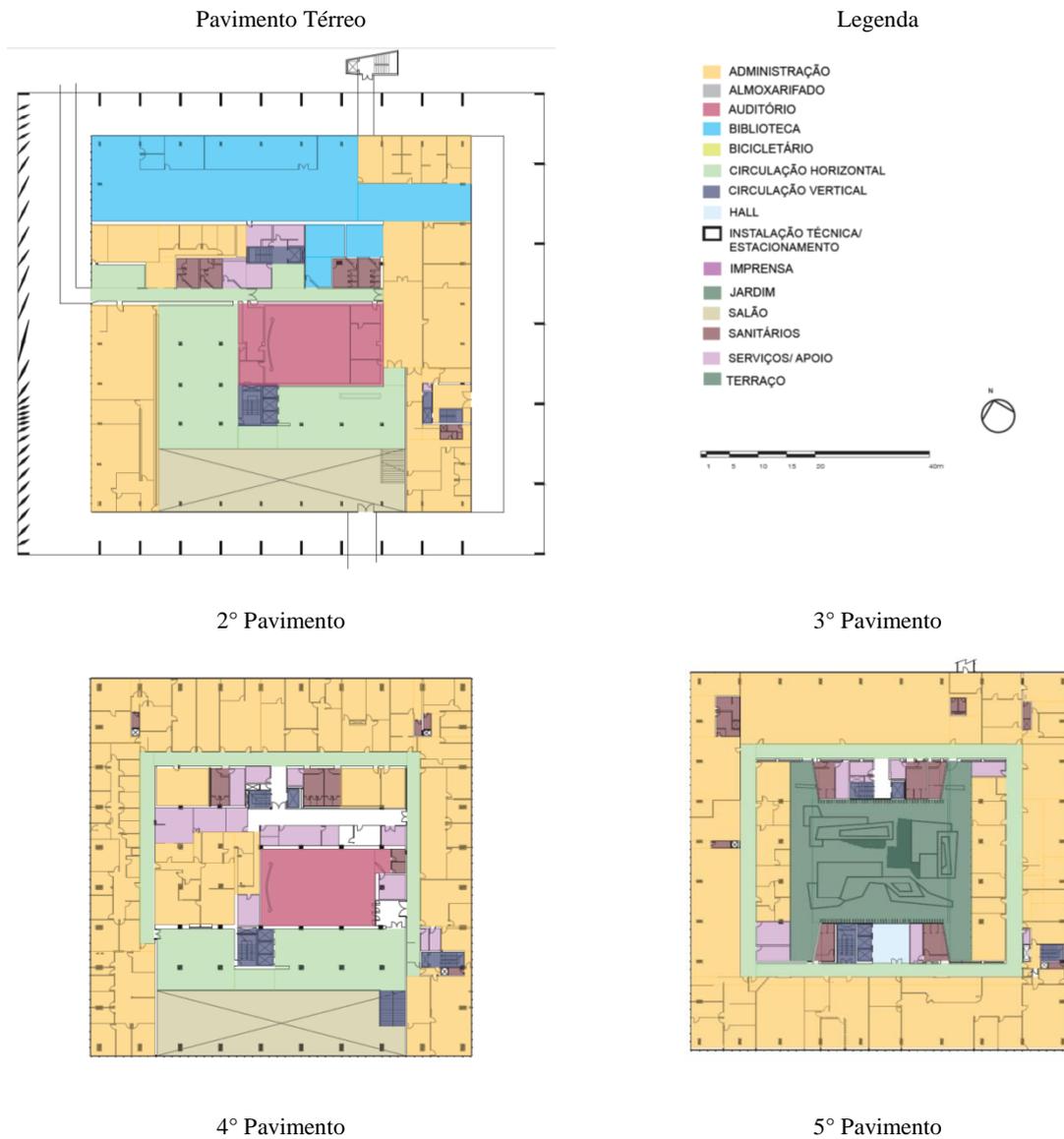


Fonte: Coordenação Geral de Arquitetura e Engenharia do Ministério da Justiça (2018), adaptado.

O edifício é composto de cinco pavimentos e um subsolo, cujas plantas estão apresentadas na Figura 75. O acesso do Palácio da Justiça no pavimento térreo é através de um amplo hall de pé direito duplo denominado Salão Negro. Os espaços de acesso mais restrito se distribuem ao redor da edificação,

estando voltados para as fachadas. Ao lado esquerdo do Salão Negro encontra-se outro salão amplo, e à direita o hall de acesso aos elevadores que se encontra no centro da planta do edifício. Deste hall chega-se a um segundo hall com três acessos: um acesso leva à circulação longitudinal à fachada chegando à entrada lateral; o segundo acesso à área de segurança voltado a fachada frontal e lateral direita, onde se encontra a entrada privativa do ministro com elevador e escada; e o último acesso leva diretamente à biblioteca, cujo ambiente ocupa grande parte desse pavimento.

Figura 75: Plantas do Palácio da Justiça.





Subsolo



Fonte: Coordenação Geral de Arquitetura e Engenharia do Ministério da Justiça (2018), adaptado.

O segundo pavimento é acessado pelo mezanino onde, ao centro, se dispõe a circulação vertical com escada e três elevadores. Os demais ambientes são acessados pela circulação em “U” que contorna a planta baixa, conformando tanto espaços voltados para as fachadas quanto internos, sem abertura. O auditório se dispõe em dois pavimentos (térreo e segundo) e possui acesso pelo mezanino. Os cômodos internos à planta neste pavimento são destinados a Sala de Departamentos, Almojarifado, Apoio Técnico do Auditório, Ar Condicionado, Escadas de Serviço e Sanitários.

O terceiro pavimento possui no seu centro um amplo jardim de inverno projetado por Burle Marx. Adjacente ao jardim estão instalados cômodos como Sanitários, Copa, Depósito, Hall de Serviços com escada e Hall principal com elevadores e escada. Algumas salas são voltadas para o jardim, outras são votadas para as fachadas. Em uma das salas voltadas para a fachada posterior aparece a entrada de uma passarela suspensa, que leva a uma pequena torre externa ao bloco principal, construída para servir de entrada independente do ministro, porém a torre foi desativada, passarela serve hoje como depósito e o térreo da torre é utilizado para serviço de Protocolo Avançado.

O quarto e o quinto pavimento se estruturam da mesma forma que o terceiro, tendo os mesmos cômodos fixos internos à planta. Grande parte do quarto pavimento é destinado ao Gabinete do ministro e demais atividades como assessorias, cerimonial, sala de retratos, comunicação e divisão de apoio.

O subsolo é utilizado principalmente como garagem acessada pela lateral direita do prédio, na parte posterior. Apresenta alguns cômodos que abrigam depósitos, salas técnicas, ar condicionado, setor de transporte, lixo e casa de máquinas. Uma estrutura maior é construída longitudinalmente à lateral esquerda e apresenta dois pavimentos que abriga patrimônio e almoxarifado. A Tabela 39 apresenta uma síntese das características arquitetônicas do Palácio da Justiça.

Tabela 39: Características gerais do Palácio da Justiça.

PALÁCIO DA JUSTIÇA/ MINISTÉRIO DA JUSTIÇA		
Tipologia: arquitetura oficial	Áreas*	
Uso original/uso atual: Palácio da Justiça	1° subsolo	4134,61 m ²
Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer e equipe	Mezanino do subsolo	532,43 m ²
Época da construção: 1962 a 1972	Térreo	3739,00 m ²
Número de pavimentos: 6 , sendo 5 acima e 1 abaixo da rua	2° pavimento	3319,00 m ²
Altura da fachada: 16 metros	3° pavimento	3739,00 m ²
Largura: 85 m	4° pavimento	3042,03 m ²
Profundidade: 75 m	5° pavimento	3042,03 m ²
Cobertura: laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas	Área total construída 18.536,49 m ²	
Fechamento vertical: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê de 6 mm, janelas de correr na vertical e portas de correr. Estrutura interna das esquadrias em barras de ferro.		
Estrutura: concreto armado.		

Fonte: A autora.

6.3.3. Caracterização da envoltória do Palácio da Justiça

O conjunto arquitetônico do Ministério da Justiça se insere em uma época de conceitos modernistas, assim os três prédios que compõem o conjunto se estruturam com elementos de concreto armado, são vedados com alvenaria de tijolo e possuem aberturas com esquadrias metálicas e envidraçadas. O Palácio da Justiça (Figura 76) foi definido como “uma forma geométrica retangular e prismática, fortemente marcada pela presença da estrutura externa que caracteriza suas fachadas” (IPHAN, 2013). E as fachadas são diversificadas:

[...] ostentando em cada ponto cardeal, nova aparência: na principal Sul, apresenta-se em arcada de nove arcos plenos interceptados por seis marquises, muito balanceadas, em vários níveis, sendo os extremos das arcadas ligados às fachadas adjacentes em vergas retas. Do lado

Leste, extremamente aberta em pilares retangulares, muito espaçados, em oposição à do Oeste, constituída de lâminas de concreto armado, formando ‘brisesoleil’ em toda a sua altura e extensão. A face Norte, reproduz a principal, sem ter, contudo, as marquises. Essas quatro fachadas são envolventes do núcleo que constitui a edificação propriamente dita, sendo esta um quadrilátero perfeito. Encontra-se recuada de 7 a 11 metros de conformidade com a fachada, formando-se o que comumente designamos por ‘avarandado’, que resguarda das chuvas e dos rigores solares do planalto os parâmetros internos, constituídos de esquadrias de alumínio anodizado, vidro ‘fumée’, para descanso visual da excessiva luminosidade local. (BUZAID, 1974, p.102-103).

A envoltória do Palácio da Justiça se caracteriza por ter uma cobertura de laje nervurada em concreto armado invertida apoiada em vigas faixas. As vigas da laje nervurada são contínuas e possuem em sua maioria largura de 15 cm e altura de 70 cm (MOREIRA, 2007).

Figura 76: Fachadas do Palácio da Justiça.

Fachada Leste



Fachada Oeste



Fachada Norte



Fachada Sul



Fonte: A autora.

Em geral, no Palácio da Justiça foi utilizada a laje nervurada em concreto armado, vigas e vigas-faixa. Entre os pavimentos a laje nervurada apresenta nervuras de 50 cm de altura e a espessura da capa entre 6 cm a 7 cm (MOREIRA, 2007).

Os dados gerais para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio da Justiça são apresentados na Tabela 40.

Tabela 40: Dados para avaliação de desempenho térmico e energético da envoltória do Palácio da Justiça.

Palácio da Justiça – Brasília – ZB 4					
Pré-requisitos		Dados dimensionais da edificação		Características das aberturas	
$U_{\text{COB-AC}}$ (W/m ² K)	1,54	A_{TOT} (m ²)	16946,66	FS (%)	56
$U_{\text{COB-ANC}}$ (W/m ² K)	0	A_{PCOB} (m ²)	3771,80	PAF _T (%)	89
U_{PAR} (W/m ² K)	6,12	A_{PE} (m ²)	3339,32	PAF _o (%)	100
PAZ (%)	0	V_{TOT} (m ³)	57010,82	AVS (°)	26
a_{COB} (%)	80	A_{ENV} (m ²)	8518,97	AHS (°)	22
a_{PAR} (%)	86	FF	0,22		
		FA	0,15		

Fonte: A autora.

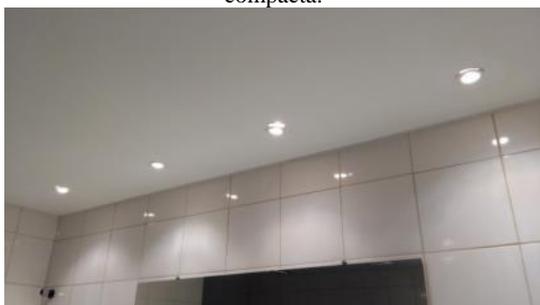
6.3.4. Caracterização do sistema de iluminação do Palácio da Justiça

Para a classificação do sistema de iluminação é necessário além dos limites de potência instalada, devem respeitar os critérios de controle do sistema de iluminação como divisão dos circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação.

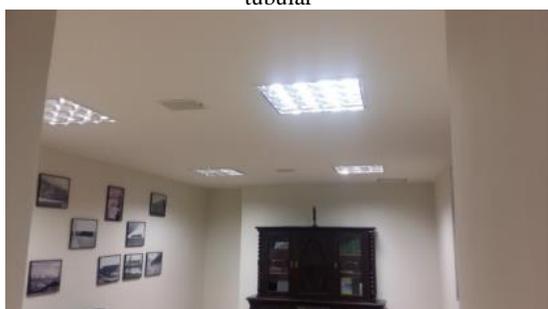
O sistema de iluminação do Palácio de Justiça é composto por vários tipos de luminárias, lâmpadas e reatores, conforme ilustrado na Figura 77. Os valores de potência do sistema de iluminação do Palácio da Justiça são apresentados na Tabela 41.

Figura 77: Exemplos de luminárias e lâmpadas existentes no Palácio da Justiça.

Luminária circular de embutir com lâmpada fluorescente compacta.



Luminária quadrada de embutir com lâmpada fluorescente tubular



Luminária retangular de embutir com duas lâmpadas fluorescente tubular.



Luminária retangular de embutir com duas lâmpadas fluorescente tubular.



Fonte: A autora.

Tabela 41: Valores de potência do sistema de iluminação do Palácio da Justiça.

Palácio da Justiça			
Pavimento	Atividade	Área (m ²)	Potência (W)
Térreo	Escritório	448,80	3584,00
	Hall de entrada	251,17	1308,00
	Banheiros	56,66	322,00
	Cozinhas	36,57	192,00
	Dormitórios	19,91	96,00
	Centro de convenções	588,68	2822,00
2º pavimento	Banheiros	70,60	896,00
	Escritório	2016,00	9696,00
	Cozinha	10,34	32,00
	Casa de máquina	68,56	629,00
	Hall de entrada	381,47	832,00
3º pavimento	Banheiros	120,73	829,00
	Escritório	4017,80	10624,00
	Casa de máquinas	58,90	300,00
	Cozinhas	38,87	240,00
	Circulação	1710,20	1568,00
4º pavimento	Hall de entrada	17,83	192,00
	Banheiros	95,45	1264,00
	Escritório	2247,50	12384,00
	Casa de máquinas	74,50	227,00
	Cozinhas	28,94	64,00
	Circulação	1710,20	1568,00
5º pavimento	Hall de entrada	56,72	320,00
	Banheiros	95,45	912,00
	Escritório	2247,50	10253,00
	Casa de máquinas	74,50	293,00
	Cozinhas	28,94	64,00
	Circulação	1710,20	1568,00
	Hall de entrada	56,72	320,00
Total		18339,71	63399,00

Fonte: A autora.

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto do edifício possui pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente, ou seja, o Palácio da Justiça atende os requisitos de divisão dos circuitos.

Quanto à contribuição da luz natural, no Palácio há ambientes com aberturas voltadas para o ambiente externo ou átrio não coberto com luminárias com acionamento independente do restante para o aproveitamento da luz natural disponível, porém há, também, ambientes que não possuem isso, ou seja, atendem parcialmente ao requisito.

6.3.5. Caracterização do sistema de condicionamento de ar do Palácio da Justiça

O Palácio da Justiça possui um sistema de ar condicionado central, composto por *chiller* conectado a um sistema de distribuição de água gelada para os *fan-coils*, que são as unidades localizadas nos pavimentos do edifício e exercem função semelhante a uma evaporadora de um ar condicionado convencional. Apesar de possibilitar o atendimento de ambientes amplos, esse sistema não possui controle individual. A saída do ar condicionado nos ambientes ocorre por canaletas nas laterais das luminárias. No entanto, foi possível identificar durante as visitas técnicas, algumas saídas tampadas com fita adesiva.

Além do ar condicionado central, foi possível identificar vários modelos de ar condicionado individuais nos ambientes (*split*, portátil, piso e teto) como ilustrado na Figura 78. Alguns modelos possuem etiqueta Procel C, outras A. Além disso, foi identificado janelas abertas com o ar condicionado central funcionando, ou até mesmo, a instalação do duto do ar condicionado portátil sem a correta vedação da passagem de ar para o exterior.

Figura 78: Sistema de ar condicionado do Palácio da Justiça.

Faixas de saída do ar condicionado geral



Ar condicionado tipo split



Ar condicionado portátil



Ar condicionado tipo split



Fonte: A autora.

6.3.6. Consumo energético do Palácio da Justiça

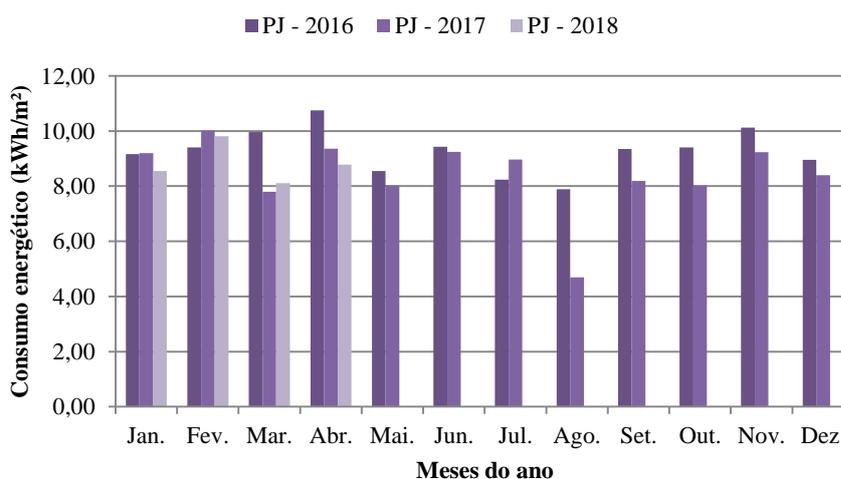
O consumo energético de um edifício varia de acordo com o clima, tipo de uso, rotinas de funcionamento de aparelhos e outras variáveis. O Palácio da Justiça tem uma queda no consumo energético nos meses de junho e julho, os mais frios do ano, quando o sistema de ar condicionado não é tão utilizado. E o gráfico da Figura 79 e na Tabela 42 mostram que em agosto de 2017, o consumo energético teve uma queda brusca, pois o ar condicionado geral não estava funcionando nesse período.

Tabela 42: Consumo energético em kWh/m² do Palácio da Justiça.

Meses/ Ano	2016	2017	2018
Janeiro	9,16	9,19	8,54
Fevereiro	9,41	10,02	9,81
Março	9,97	7,79	8,10
Abril	10,75	9,35	8,78
Mai	8,55	8,03	---
Junho	9,43	9,24	---
Julho	8,23	8,96	---
Agosto	7,89	4,69	---
Setembro	9,34	8,18	---
Outubro	9,40	8,03	---
Novembro	10,12	9,23	---
Dezembro	8,95	8,39	---

Fonte: A autora.

Figura 79: Consumo energético em kWh/m² do Palácio da Justiça.



Fonte: A autora.

Em média, o consumo energético do Palácio da Justiça varia entre 140.000 kWh a 200.000 kWh ao longo do ano. O consumo energético total em 2016 foi de 2.061.378 kWh e em 2017 foi de 1.874.463 kWh. Ou seja, de modo geral, o consumo de energia vem diminuindo no Palácio da Justiça. Considerando o período analisado, o consumo energético médio por mês foi de 8,84 kWh/m² e o consumo anual foi de 106,08 kWh/m².ano.



7. AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DE *RETROFIT* ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS E TOMADA DE DECISÃO

Nos capítulos anteriores, foi apresentada a caracterização das edificações históricas estudadas, considerando aspectos históricos, de significação cultural, análise do clima das cidades, análise do entorno imediato, características da envoltória, sistema de iluminação e de condicionamento de ar, consumo energético. Tal caracterização foi fundamental para o entendimento dos objetos de estudo, bem como para a realização do diagnóstico energético do estado real das edificações históricas.

Após essas análises, nesse capítulo são apresentadas as estratégias de intervenção propostas para as edificações do período colonial e modernas estudadas. Além disso, são avaliados os resultados das estratégias de intervenção obtidos pela simulação computacional das edificações considerando a redução do consumo energético e a melhoria do conforto térmico, e resultados obtidos pela resposta dos especialistas aos questionários para obtenção do nível de impacto na preservação dos atributos do patrimônio cultural dessas edificações. A análise de resultados possibilita uma avaliação integrada com o intuito de auxiliar a tomada de decisão durante o processo de projeto de *retrofit* energético.

7.1. Estratégias de intervenção propostas e valores de referência

As variáveis consideradas para proposição das estratégias de *retrofit* energético para a envoltória a serem simuladas das edificações históricas estudadas foram:

1. O fator solar (FS) e transmissão luminosa (TL) do vidro
2. Percentual de área de abertura na fachada total (PAF_T)
3. Proteção solar das aberturas das fachadas – ângulo vertical de sombreamento (AVS)
4. Transmitância térmica das fachadas (U_{par})

5. Absortância térmica da cobertura (a_{cob})
6. Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})

Para a elaboração dos modelos das edificações modernas foram consideradas as seis variáveis, já para os modelos das edificações do período colonial foram consideradas apenas as propriedades do vidro e a transmitância térmica da cobertura (variáveis 1 e 6).

Durante a escolha das EIs, buscou-se escolher materiais e componentes construtivos disponíveis no mercado brasileiro, cujas propriedades fossem conhecidas e que apresentassem desempenho energético superior à situação original das edificações históricas em estudo. Além desses critérios, buscou-se que EIs apresentassem distinguibilidade dos originais conforme orientações de intervenção do campo de preservação. Na Figura 80 são apresentadas as sete EIs escolhidas para as edificações históricas do período colonial e na Figura 81 as doze EIs para as edificações modernas estudadas.

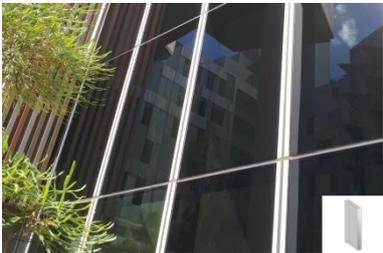
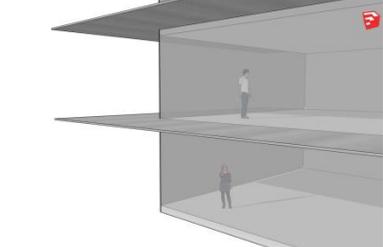
Figura 80: Estratégias de intervenção propostas para a envoltória das edificações históricas do período colonial estudadas.

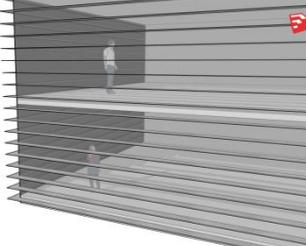
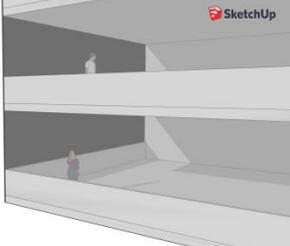
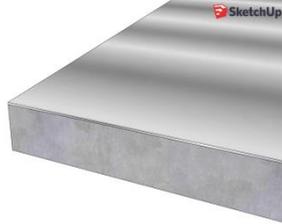
Nº	Ilustração	Descrição	Tipo de intervenção
1		Película Incolor (a ser aplicada no vidro existente)	Adição
2		Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)	Adição
3		Vidro com camada de baixa reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Neutral 70 (CE))	Substituição

Nº	Ilustração	Descrição	Tipo de intervenção
4	 <small>SketchUp</small>	Vidro com camada de alta reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Silver 10 (CE))	Substituição
5	 <small>SketchUp</small>	Telha termoacústica acabamento na cor branca (duas telhas metálicas com núcleo em PU de 4 cm)	Substituição
6	 <small>SketchUp</small>	Telha cerâmica colonial na cor marfim	Substituição
7	 <small>SketchUp</small>	Manta térmica de PU de 4 cm sob telha cerâmica	Adição

Fonte: A autora.

Figura 81: Estratégias de intervenção propostas para a envoltória das edificações históricas modernas estudadas.

Nº	Ilustração	Descrição	Tipo de intervenção
1		Película Fumê Preto - (3M Prestige 40 a ser aplicada no vidro existente)	Adição
2		Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)	Adição
3		Vidro insulado - "Neutral" (vidro ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE) + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm)	Substituição
4		Vidro insulado - "Silver Grey" (vidro ExtraClear 6 mm com camada + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm com camada, camada SunGuard® HP Solar Silver Grey 32 (CE)	Substituição
5		Fachada dupla de vidro - "Neutral" + vidro existente (Vidro laminado UltraClear 6 mm, PVB, ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE)+ camada de ar 40 mm + vidro existente)	Adição
6		Marquise em chapa metálica acabamento alumínio natural fosco	Adição

Nº	Ilustração	Descrição	Tipo de intervenção
7		Grelha de brise horizontal cor alumínio natural fosco (comprimento do brise 0,30 m e altura da lâmina 0,36 m)	Adição
8		FA1 FT2 - Peitoril (85 cm de altura) em EPS	Adição
9		Peitoril (85 cm - altura) e bandeira (85 cm - altura) em EPS (9 cm de espessura)	Adição
10		CA1 - Manta asfáltica aluminizada aplicada sobre laje existente	Adição
11		Tinta branca aplicada sobre laje existente	Adição
12		Poliuretano 2 cm aplicado sobre a laje com acabamento em pintura branca	Adição

Nas Tabela 43e Tabela 44, são apresentadas as Estratégias de Intervenção (EI) para envoltória para cada uma das variáveis com os a especificação dos valores e materiais, nomenclatura, das edificações do período colonial e modernas, respectivamente. As nomenclaturas (siglas) das EIs foram criadas abreviando-se inicialmente fachada (F), cobertura (C), depois foi incluída uma abreviação da variável analisada, em seguida, foi acrescida a numeração da EI e, por fim, incluída a indicação do tipo de arquitetura se colonial (C) e se moderna (M), por exemplo, FF1-C significa: Fachada: Fator Solar, Estratégia de Intervenção 1, edificação Colonial.

Tabela 43: Variáveis e estratégias de *retrofit* da envoltória para simulação computacional das edificações do período colonial.

Elemento da envoltória	Variável	Valores	Estratégia de intervenção (EI)	Sigla da EI
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 64% TL - 88%	Película Incolor a ser aplicada no vidro existente (3M™ Prestige 90 Exterior)	FF1-C
		FS - 27% TL - 16%	Película Verde refletiva a ser aplicada no vidro existente (Intercontrol Platinum R15GN)	FF2-C
		FS – 70,2% TL – 65,9%	Vidro com camada de baixa reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Neutral 70 (CE))	FF3-C
		FS – 19,6% TL – 10,3%	Vidro com camada de alta reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Silver 10 (CE))	FF4-C
Cobertura	Absortância solar térmica	α_{cob} - 20% ε – 90% (Pintura branca - NBR 15220 (2005))	Telha termoacústica acabamento na cor branca (duas telhas metálicas com núcleo em PU de 4 cm)	CA1-C
		α_{cob} - 26,7 % (Tinta acrílica fosca Marfim - RTQ-C (BRASIL, 2010a))	Telha cerâmica colonial na cor marfim	CA2-C
	Transmitância térmica	U_{cob} - 0,6 W/m ² ·K (Telha cerâmica + isolamento térmico em poliuretano – PROJETEEE, 2019)	Manta térmica de PU de 4 cm sob telha cerâmica	CT1-C
		U_{cob} - 0,7 W/m ² ·K (Telha metálica com poliuretano – PROJETEEE, 2019)	Telha termoacústica acabamento na cor branca (duas telhas metálicas com núcleo em PU de 4 cm)	CT2-C
		U_{cob} - 4,5 W/m ² ·K (Telha cerâmica – PROJETEEE, 2019)	Telha cerâmica colonial na cor marfim	CT3-C

Fonte: A autora.

Tabela 44: Variáveis e estratégias de *retrofit* da envoltória para simulação computacional das edificações modernas.

Elemento da envoltória	Variável	Valores	Estratégia de intervenção (EI)	Sigla da EI
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 39%, TL - 42%	Película a ser aplicada no vidro existente (3M Prestige 40)	FF1-M
		FS - 27% TL - 16%	Película Verde refletiva a ser aplicada no vidro existente (Intercontrol Platinum R15GN)	FF2-M
		FS - 39,3% TL - 55,9%	Vidro insulado - "Neutral" (vidro ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE) + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm)	FF3-M
		FS - 25,5% TL - 11,1%	Vidro insulado - "Silver Grey" (vidro ExtraClear 6 mm com camada + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm com camada, camada SunGuard® HP Solar Silver Grey 32 (CE))	FF4-M
	Transmitância térmica	FS - 33,9% TL - 26,1% $U_{par} - 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	Fachada dupla de vidro - "Neutral" + vidro existente (Vidro laminado UltraClear 6 mm, PVB, ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE)+ camada de ar 40 mm + vidro existente)	FT1-M
		$U_{par} - 4,62 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	Fachada de vidro existente com fechamento interno em EPS 90 mm de espessura	FT2-M
	Proteção solar - ângulo vertical de sombreamento	AVS - 40° (PJ - 26°, PI - 20° - sem alteração)	Marquise em chapa metálica acabamento alumínio natural fosco (PI - comprimento marquise térreo 2,40 m e 2º pav. 3,20 m) (PJ - comprimento marquise térreo 2,65 m por pavimento)	FP1-M
		AVS - 40° (PJ - 26°, PI - 20° - sem alteração)	Grelha de brise horizontal cor alumínio natural fosco (PI e PJ - comprimento do brise 0,30 m e altura da lâmina 0,36 m)	FP2-M
	Percentual de área de abertura na fachada total	PAF _T do PJ - 67% PAF _T do PI - 80% (PJ - 89%, PI - 95% - sem alteração)	Peitoril (85 cm de altura) em EPS	FA1-M

Elemento da envoltória	Variável	Valores	Estratégia de intervenção (EI)	Sigla da EI
		PAF _T do PJ - 46%, PAF _T do PI - 65% (PJ - 89%, PI - 95% - sem alteração)	Peitoril (85 cm) e bandeira (85 cm) em EPS	FA2-M
Cobertura	Absortância solar térmica	α_{cob} - 5% ε - 5% (Chapa de alumínio, nova e brilhante - NBR 15220 (2005))	Manta asfáltica aluminizada	CA1-M
		α_{cob} - 20% ε - 90% (Pintura branca - NBR 15220 (2005))	Tinta branca	CA2-M
	Transmitância térmica	U_{cob} - 0,8 W/m ² ·K (PROJETEEE, 2019)	Poliuretano 2 cm + laje de concreto 25 cm + câmara de ar >5 cm fluxo descendente + forro de gesso 2 cm	CT1-M

Fonte: A autora.

Nos Anexos D, E, F, são apresentadas as especificações técnicas detalhadas das películas FF1-C, FF1-M, FF2-C/FF2-M, respectivamente; nos Anexos G, H, I, J, estão apresentadas as dos vidros FF3-C, FF3-M, FF4-M, nessa ordem, e, por fim, no Anexo K, as especificações técnicas consideradas da fachada dupla de vidro FT1-M.

Definidas as variáveis e EIs a serem simuladas e avaliadas, foi ainda estabelecida a nomenclatura (sigla) de cada variável com especificação de valores para os modelos da situação original das quatro edificações históricas estudadas conforme indicado nas Tabela 45, Tabela 46, Tabela 47 e Tabela 48. As nomenclaturas foram criadas com a abreviação do elemento da envoltória, da variável e, por fim, do nome do edifício, por exemplo, CA-MB significa: Cobertura, Absortância solar térmica, Museu das Bandeiras. A proposta das siglas foi facilitar a análise comparativa da situação original com os resultados obtidos da simulação computacional das estratégias de intervenção.

Tabela 45: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Museu das Bandeiras.

MUSEU DAS BANDEIRAS				
Elemento da envoltória	Variável	Valores	Especificação	Sigla
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 85% TL - 89%	Vidro comum incolor 3 mm (Sgl Clear 3 mm - DesignBuilder)	FF- MB
Cobertura	Absortância solar térmica	α_{cob} - 75% ε - 85%	Telha cerâmica (Telha cerâmica - NBR 15220 (2005))	CA- MB
	Transmitância térmica	U_{cob} - 1,8 W/m ² ·K	Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar > 5 cm fluxo descendente+ forro de madeira 2 cm	CT- MB

Fonte: A autora.

Tabela 46: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência da Secretaria da Fazenda.

SECRETARIA DA FAZENDA				
Elemento da envoltória	Variável	Valores	Especificação	Sigla
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 85% TL - 89%	Vidro comum incolor 3 mm (Sgl Clear 3 mm - DesignBuilder)	FF- SF
Cobertura	Absortância solar térmica	α_{cob} - 75% ε - 85%	Telha cerâmica (Telha cerâmica - NBR 15220 (2005))	CA- SF
	Transmitância térmica	U_{cob} - 2,0 W/m ² ·K	Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar (≥ 1 e ≤ 2) cm fluxo descendente + forro de madeira 2 cm	CT- SF

Fonte: A autora.

Tabela 47: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Palácio do Itamaraty.

PALÁCIO DO ITAMARATY				
Elemento da envoltória	Variável	Valores	Especificação	Sigla
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 56% TL - 43%	Vidro fumê 6 mm (Sgl Grey 6 mm - DesignBuilder)	FF- PI
	Transmitância térmica	U_{par} - 6,12 W/m ² ·K	Vidro fumê 6 mm (Sgl Grey 6 mm - DesignBuilder)	FT- PI
	Proteção solar - ângulo vertical de sombreamento	AVS - 20°	Marquise existente em concreto aparente	FP- PI
	Percentual de área de abertura na fachada total	PAF _T - 95%	Fachada simples de vidro fumê 6 mm	FA- PI
Cobertura	Absortância solar térmica	α_{cob} - 80% ε - 95%	Concreto aparente (NBR 15220 (2005))	CA- PI
	Transmitância térmica	U_{cob} - 1,54 W/m ² ·K RT - 0,65 m ² ·K/W	Laje impermeabilizada tipo caixão perdido com vigas invertidas	CT- PI

Fonte: A autora.

Tabela 48: Nomenclatura e valores das variáveis considerados para simulação computacional do modelo de referência do Palácio da Justiça.

PALÁCIO DA JUSTIÇA				
Elemento da envoltória	Variável	Valores	Especificação	Sigla
Fachada	Fator solar e transmissão luminosa do vidro	FS - 56%	Vidro fumê 6 mm (Sgl Grey 6 mm - DesignBuilder)	FF- PJ
		TL - 43%		
	Transmitância térmica	$U_{par} - 6,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	Vidro fumê 6 mm (Sgl Grey 6 mm - DesignBuilder)	FT- PJ
	Proteção solar - ângulo vertical de sombreamento	AVS - 26°	Marquise existente em concreto aparente	FP- PJ
	Percentual de área de abertura na fachada total	PAF _T - 89%	Fachada simples de vidro fumê 6 mm	FA- PJ
Cobertura	Absortância solar térmica	$\alpha_{cob} - 80\%$ $\varepsilon - 95\%$	Concreto aparente (NBR 15220 (2005))	CA- PJ
	Transmitância térmica	$U_{cob} - 1,54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ $RT - 0,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	Laje impermeabilizada tipo caixão perdido com vigas invertidas	CT- PJ

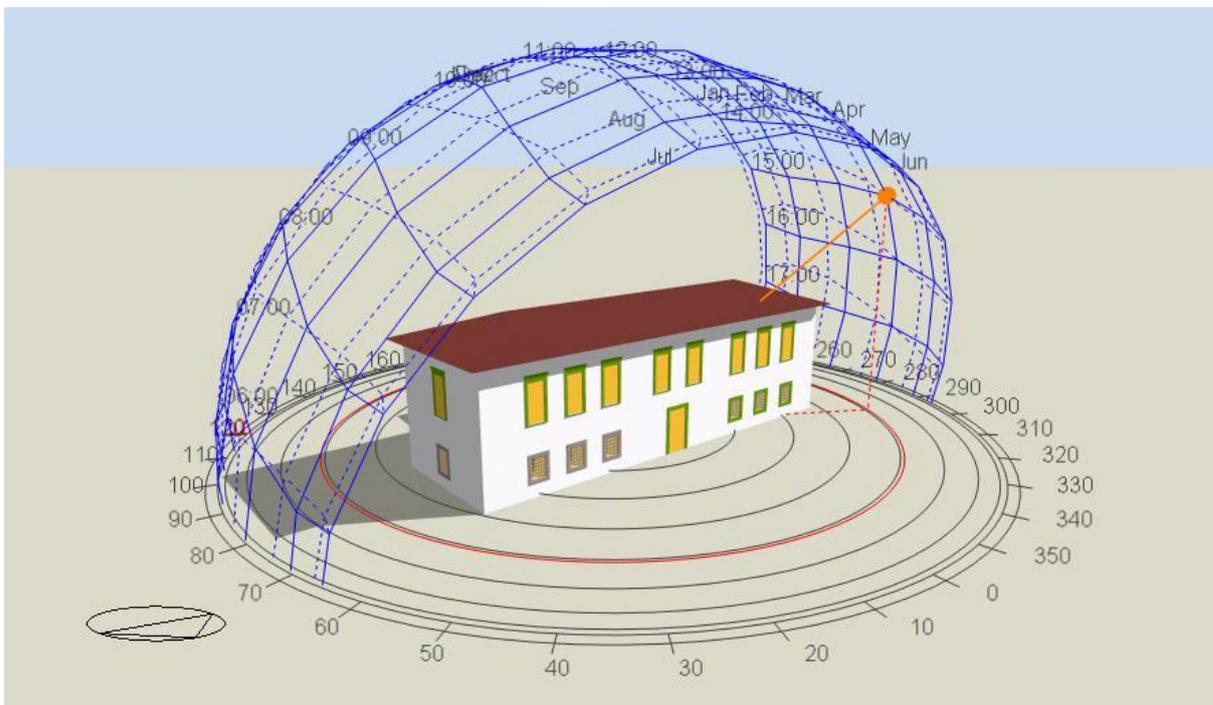
Fonte: A autora.

7.2. Configuração e calibragem dos modelos de referência dos edifícios para simulação computacional

Com o auxílio do software *DesingBuilder* versão 6.1.2.005 integrado ao *EnergyPlus* versão 8.9, modelou-se a Situação Original, denominada de agora em diante como SO, para cada uma das quatro edificações históricas em estudo, conforme ilustrados na Figura 82, Figura 83, Figura 84 e Figura 85. Os dados utilizados para criação dos modelos dessas estão apresentados no Apêndice J.

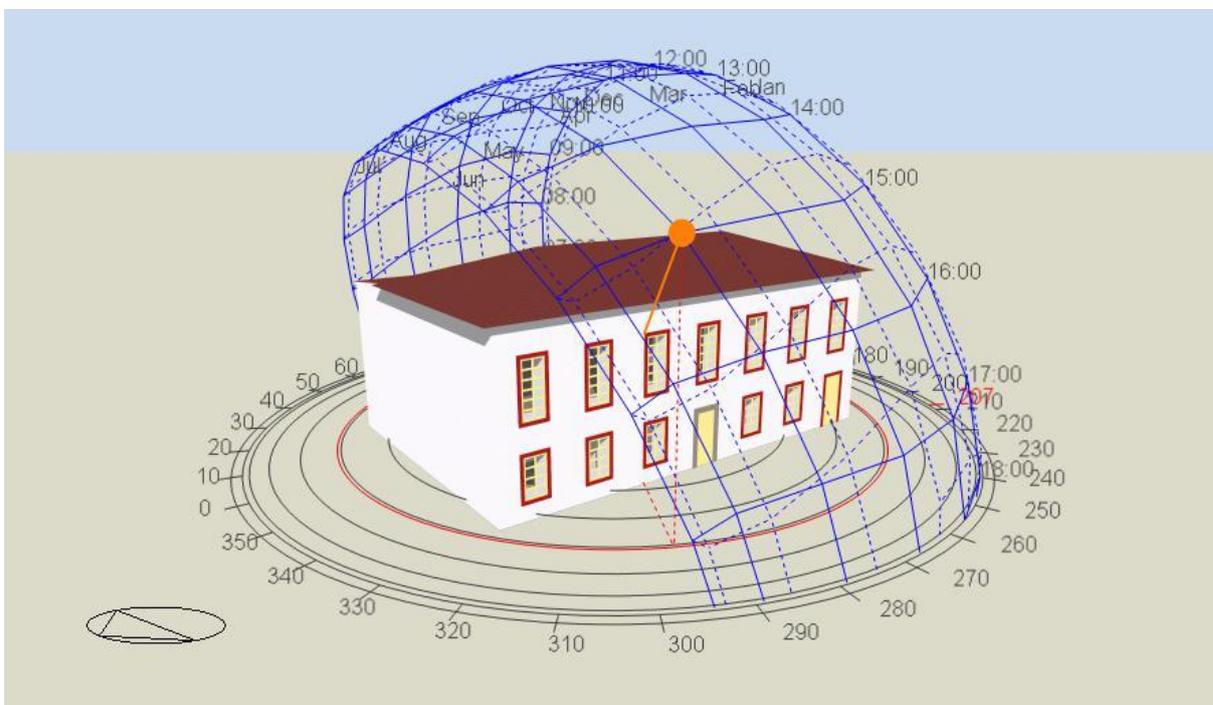
Para cada edifício foi escolhido um ambiente não climatizado para medição das temperaturas internas e os resultados obtidos foram comparados com as temperaturas do arquivo climático utilizado nas simulações computacionais. Na Tabela 49 são descritos os períodos e locais de medição, bem como os CV (RMSE) dos resultados das temperaturas obtidas para cada um dos edifícios. Nas Figura 86, Figura 87, Figura 88, e Figura 89 são apresentados os valores de temperatura medidos e simulados analisados para calibração dos modelos da situação original dos edifícios.

Figura 82: Modelo da situação original do Museu das Bandeiras no *DesignBuilder*.



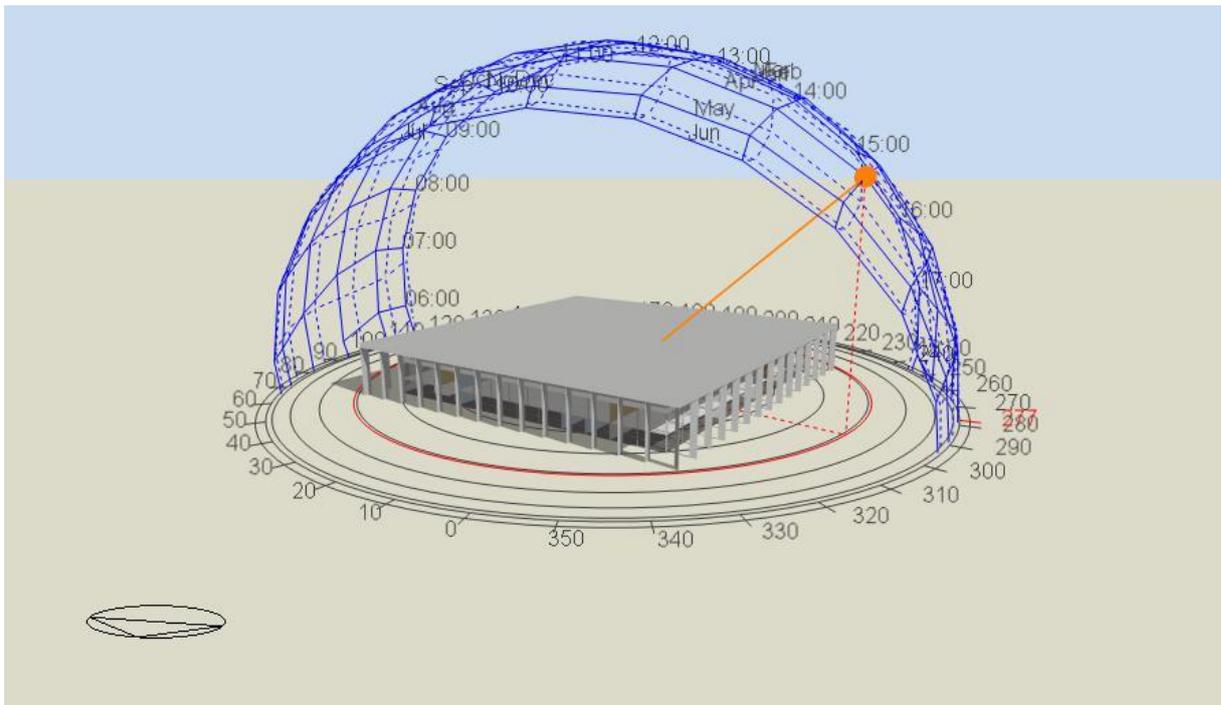
Fonte: A autora.

Figura 83: Modelo da situação original da Secretaria da Fazenda no *DesignBuilder*.



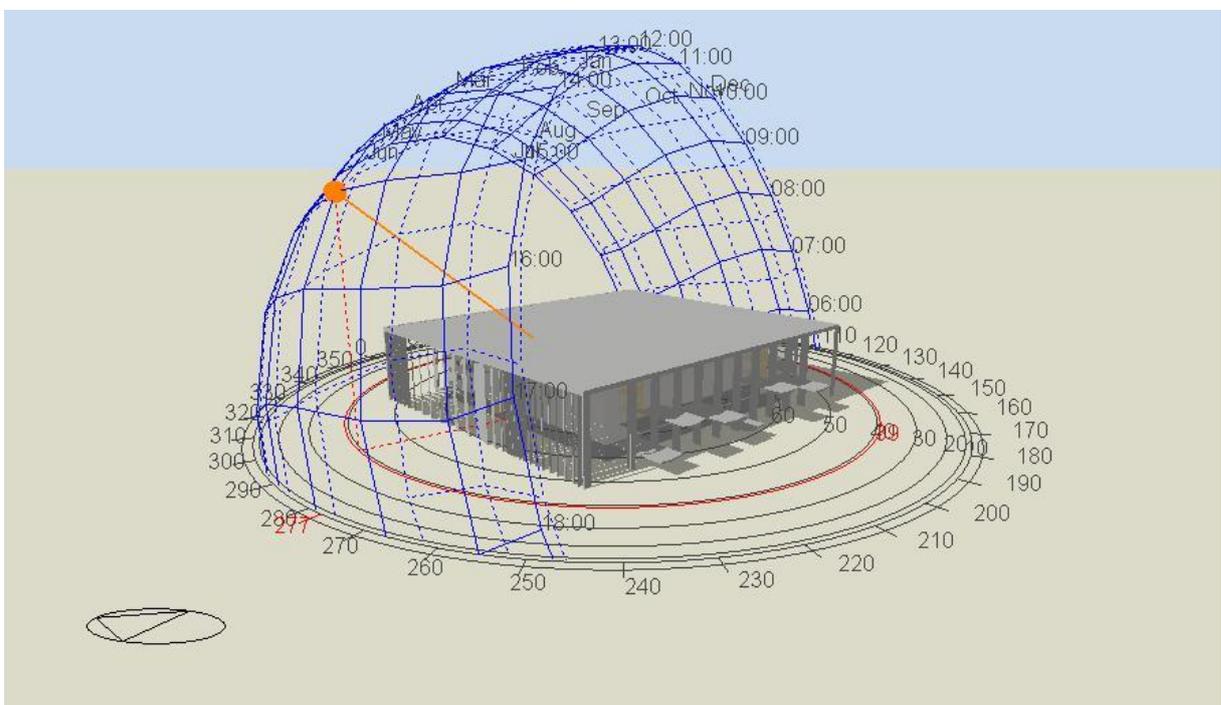
Fonte: A autora.

Figura 84: Modelo da situação original do Palácio do Itamaraty no *DesignBuilder*.



Fonte: A autora.

Figura 85: Modelo da situação original do Palácio da Justiça no *DesignBuilder*.



Fonte: A autora.

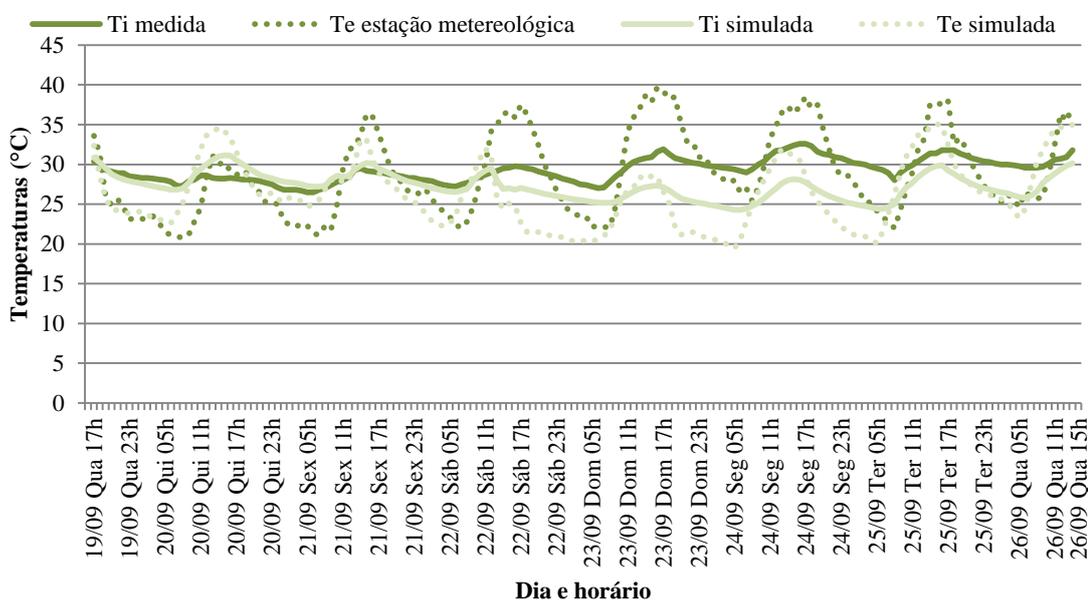
Tabela 49: Dados do período de medição, local e CV(RMSE) das temperaturas internas medidas in situ nos quatro edifícios.

Dados	Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
Período de medição	19/09/18 a 26/09/18	02/03/19 a 06/03/19	08/02/19 a 19/02/19	20/11/18 a 28/11/18
Quantidade de dias (24 horas) de medição	7	4*	11	8
Ambiente de medição	Pavimento superior/fachada oeste	Pavimento superior/fachada oeste	3º Pavimento (último)/ fachada oeste	Pavimento térreo/fachada oeste
CV (RMSE) das temperaturas internas	2,96	3,18	4,42	2,83
CV (RMSE) das temperaturas externas	5,77	6,13	4,54	2,59

* Período menor que os demais edifícios, pois foi necessário aproveitar um período de não funcionamento do edifício (feriado prolongado) e, conseqüentemente de não funcionamento do sistema de ar condicionado, para realização das medições *in situ*, visto que todos os ambientes são climatizados voltados a Oeste. Além disso, foram considerados os valores até as 21 horas de cada dia, pois não foram disponibilizados os dados das temperaturas externas da estação meteorológica de Goiás para o horário das 22h e 23h para o período de medição da Secretaria da Fazenda em Goiás.

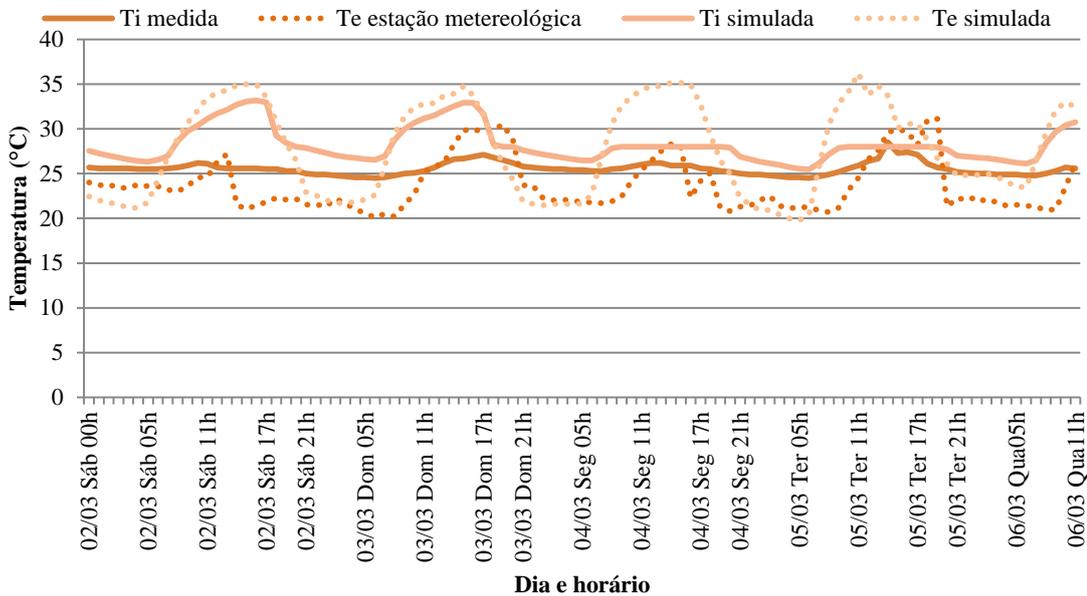
Fonte: A autora.

Figura 86: Temperaturas simuladas no *DesignBuilder* e medidas *in situ* obtidas para calibração do modelo do Museu das Bandeiras.



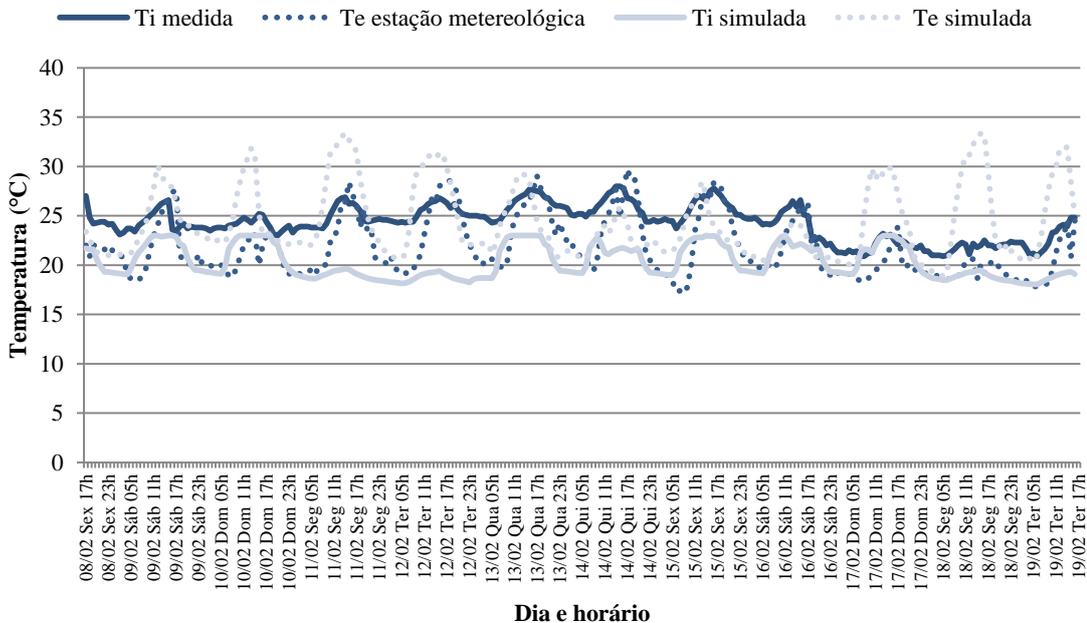
Fonte: A autora.

Figura 87: Temperaturas simuladas no *DesignBuilder* e medidas *in situ* obtidas para calibração do modelo da Secretaria da Fazenda.



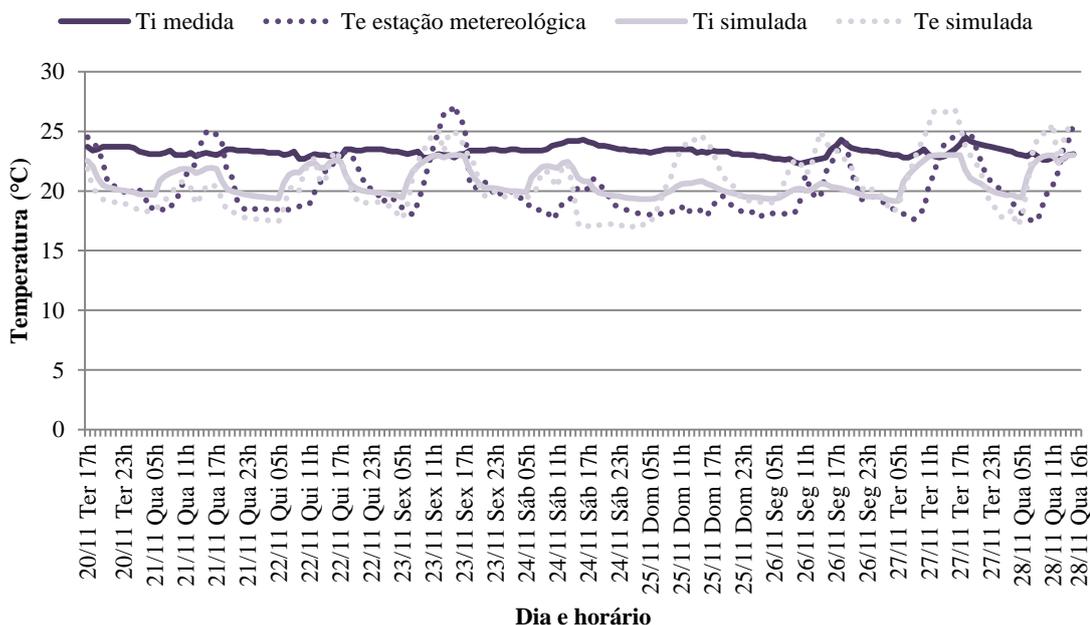
Fonte: A autora.

Figura 88: Temperaturas simuladas no *DesignBuilder* e medidas *in situ* obtidas para calibração do modelo do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

Figura 89: Temperaturas simuladas no *DesignBuilder* e medidas *in situ* obtidas para calibração do modelo do Palácio da Justiça.



Fonte: A autora.

Em geral, os resultados da relação das temperaturas simuladas e medidas apresentam o CV(RMSE) $\leq 5\%$ o que representa um modelo excelente. Apenas as temperaturas externas em alguns modelos que apresentaram o CV(RMSE) $\leq 10\%$, o que representa um modelo bom. Portanto, todos os modelos da situação original das quatro edificações históricas apresentaram-se calibrados.

Os critérios utilizados para a análise dos resultados da simulação computacional foram o consumo energético (iluminação, ar condicionado e outros) e o POC (Percentual de horas Ocupadas em Conforto). Ressalta-se que o POC, segundo RTQ-C (BRASIL, 2010a) é obrigatório de ser simulado em ambientes de longa permanência não condicionados artificialmente ou em edifício como um todo naturalmente ventilado visando análise das temperaturas, durante o percentual de horas ocupadas, que respeitem os limites estabelecidos para a zona de conforto.

7.3. Resultados da simulação computacional do consumo energético cada estratégia de intervenção

Para cada estratégia de intervenção, foi simulado o consumo de energia elétrica das quatro edificações analisadas. Os resultados de consumo energético estão apresentados nas Tabela 50 e Figura 90 da Secretaria da Fazenda, nas Tabela 51 e Figura 89 do Palácio do Itamaraty, e nas Tabela 52 e Figura 90 do Palácio da Justiça. Quanto ao consumo energético do Museu das Bandeiras, não houve alterações nos resultados para a simulação das estratégias de intervenção ao longo do ano em comparação com o

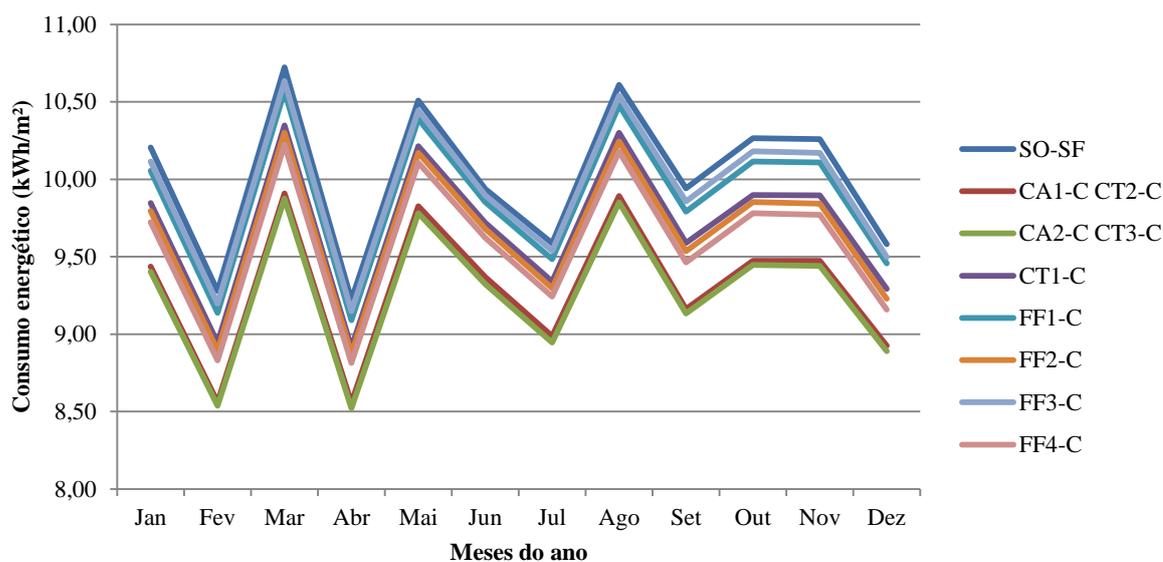
valor de referencia. Isso porque essa edificação histórica não possui sistema de condicionamento de ar artificial e o seu PAF_T é baixo (2,22%), ou seja, pouca interferência da iluminação natural pelos componentes transparentes no consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação artificial.

Tabela 50: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada da Secretaria da Fazenda.

Mês	Consumo de energia elétrica (kWh/m ²)							
	SO-SF	CA1-C CT2-C	CA2-C CT3-C	CT1-C	FF1-C	FF2-C	FF3-C	FF4-C
Janeiro	10,21	9,44	9,40	9,85	10,05	9,80	10,12	9,72
Fevereiro	9,28	8,56	8,54	8,94	9,14	8,89	9,20	8,83
Março	10,72	9,91	9,88	10,35	10,57	10,30	10,63	10,22
Abril	9,22	8,56	8,52	8,91	9,09	8,87	9,15	8,81
Mai	10,51	9,83	9,78	10,21	10,39	10,17	10,44	10,11
Junho	9,94	9,37	9,32	9,72	9,85	9,68	9,90	9,62
Julho	9,59	8,99	8,95	9,34	9,48	9,30	9,54	9,24
Agosto	10,61	9,89	9,85	10,30	10,48	10,24	10,54	10,18
Setembro	9,94	9,16	9,13	9,59	9,79	9,54	9,86	9,46
Outubro	10,26	9,47	9,45	9,90	10,12	9,85	10,18	9,78
Novembro	10,26	9,47	9,44	9,90	10,11	9,84	10,17	9,77
Dezembro	9,58	8,93	8,89	9,29	9,46	9,23	9,50	9,16
Total anual (kWh/m².ano)	120,11	111,57	111,15	116,30	118,52	115,72	119,22	114,92
Redução %	0,00	7,11	7,46	3,17	1,32	3,66	0,74	4,33

Fonte: A autora.

Figura 90: Consumo energético mensal de cada EI da Secretaria da Fazenda



Fonte: A autora.

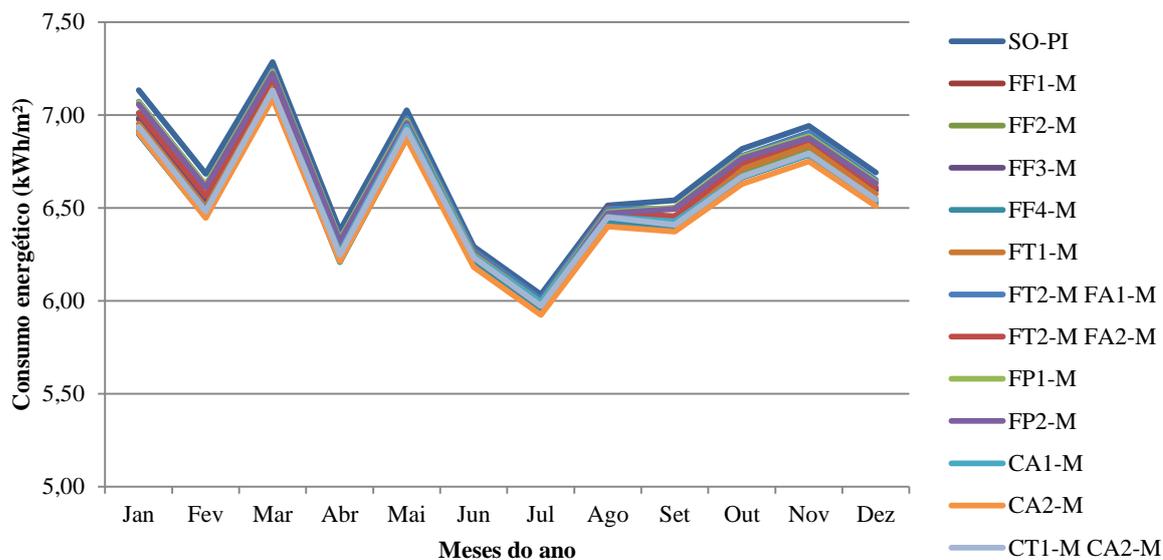
Já a Secretaria da Fazenda possui o PAF_T um pouco maior (4,95%) do que o Museu das Bandeiras e utiliza o sistema de ar condicionado tipo Split na maioria dos ambientes da edificação. Assim, na Secretaria da Fazenda, pode-se observar que as estratégias de intervenção promoveram a redução do consumo energético na edificação, sendo as mais representativas as da cobertura. A substituição das telhas colonial existente por telha cerâmica colonial na cor marfim, CA2-C e CT3-C, ou substituição por telha termoacústica branca, CA1-C e CT2-C, proporcionaram uma redução de 7,46% e 7,11%, respectivamente, no consumo energético, já o uso de manta térmica de PU sob o telhado, CT1-C, mantendo as telhas existentes obteve 3,17% de redução. Quanto aos componentes transparentes, apresentou o melhor desempenho energético a substituição pelo vidro FF4-C (4,33% de redução), seguido da aplicação da película verde refletiva no vidro incolor de 3 mm existente, FF2-C (3,66% de redução). A aplicação da película sobre o vidro existente, FF1-C (1,32% de redução), apresentou desempenho superior do que a substituição pelo vidro de 3 mm FF3-C, que apresentou o pior desempenho energético das estratégias analisadas (0,74% de redução).

Tabela 51: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada do Palácio do Itamaraty.

Mês	Consumo de energia elétrica (kWh/m ²)												
	SO-PI	FF1-M	FF2-M	FF3-M	FF4-M	FT1-M	FT2-M FA1-M	FT2-M FA2-M	FP1-M	FP2-M	CA1-M	CA2-M	CT1-M CA2-M
Jan.	7,13	6,98	6,91	6,98	6,90	6,95	7,07	7,01	7,07	7,06	6,93	6,90	6,94
Fev.	6,68	6,53	6,46	6,52	6,45	6,50	6,62	6,56	6,62	6,61	6,49	6,45	6,48
Mar.	7,28	7,20	7,15	7,19	7,12	7,17	7,24	7,20	7,23	7,22	7,13	7,09	7,13
Abr.	6,38	6,27	6,22	6,27	6,21	6,25	6,33	6,29	6,33	6,32	6,26	6,21	6,25
Mai.	7,03	6,95	6,90	6,94	6,88	6,92	6,98	6,95	6,97	6,96	6,94	6,87	6,92
Jun.	6,29	6,27	6,23	6,26	6,20	6,25	6,27	6,25	6,25	6,24	6,24	6,18	6,23
Jul.	6,03	6,00	5,96	5,99	5,94	5,98	6,01	5,99	5,99	5,98	5,99	5,92	5,97
Ago.	6,51	6,50	6,46	6,49	6,43	6,48	6,50	6,48	6,48	6,47	6,45	6,40	6,45
Set.	6,54	6,44	6,39	6,43	6,38	6,42	6,49	6,46	6,50	6,49	6,43	6,37	6,41
Out.	6,82	6,74	6,69	6,73	6,66	6,71	6,78	6,74	6,77	6,77	6,67	6,63	6,67
Nov.	6,94	6,86	6,81	6,85	6,78	6,84	6,91	6,87	6,89	6,88	6,79	6,75	6,79
Dez.	6,69	6,60	6,55	6,59	6,52	6,58	6,65	6,61	6,64	6,63	6,54	6,51	6,55
Total anual (kWh/m².ano)	80,33	79,34	78,74	79,25	78,46	79,04	79,85	79,41	79,74	79,62	78,85	78,29	78,78
Redução %	0,00	1,23	1,98	1,34	2,33	1,60	0,60	1,15	0,74	0,89	1,84	2,55	1,93

Fonte: A autora.

Figura 91: Consumo energético mensal de cada EI do Palácio do Itamaraty.



Fonte: A autora.

No Palácio do Itamaraty as EIs que obtiveram melhores desempenhos energéticos foram em ordem de classificação:

1. a aplicação de pintura branca na cobertura, CA2-M, com redução de consumo energético de 2,55%,
2. a substituição do vidro existente da fachada pelo vidro insulado “Solar Silver32”, FF4-M, que apresentou redução de 2,33%;
3. a aplicação da película “verde refletiva”, FF2-M, com 1,98% de redução;
4. a aplicação de camada de PU sobre a cobertura, CT1-M, com redução de 1,93%;
5. a aplicação de manta aluminizada na cobertura, CA1-M, com redução de 1,84%; e
6. a instalação de fachada dupla de vidro, FT1-M, com 1,60% de redução.

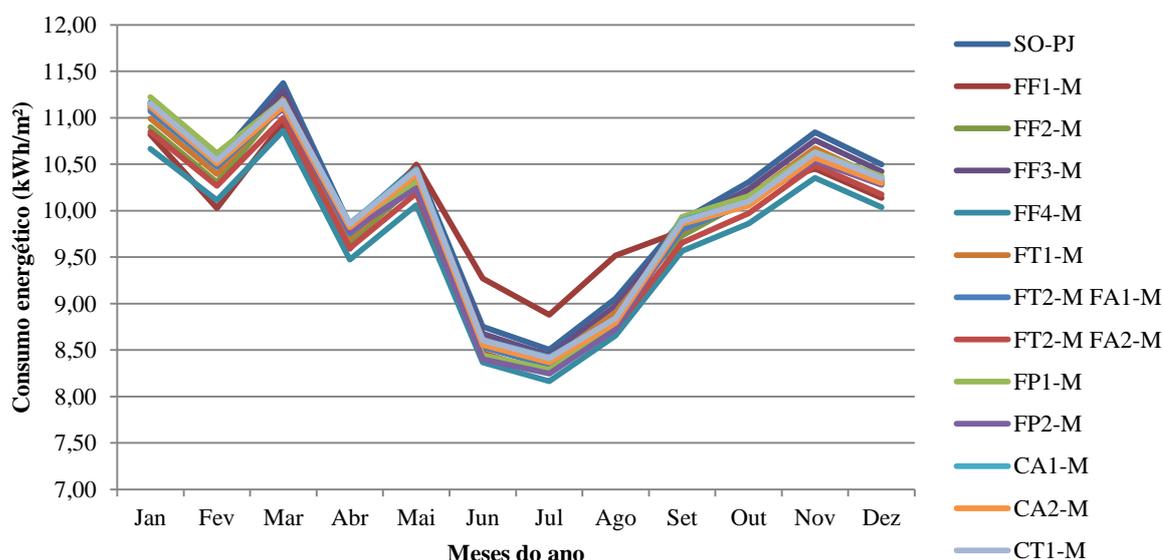
As demais estratégias apresentaram redução inferior a 1,50% do consumo energético. Assim, a adição de fechamentos internos em EPS (FT2-M e FA1-M, FT2-M e FA2-M) para redução da transmitância térmica e redução do PAF_T das fachadas, bem como a instalação de proteções solares na horizontal (FP1-M E FP2-M) para aumento do AVS e, conseqüentemente, aumento da superfície de fachada sombreada ao longo do dia, apresentaram os menores valores de desempenho energético no Palácio do Itamaraty. Vale ressaltar, que essas EIs de proteção solar e também a de fachada dupla foram aplicadas apenas às fachadas do pavimento térreo e 2º pavimento visto que o 3º pavimento é recuado em relação aos demais possuindo uma circulação avarandada ao seu redor.

Tabela 52: Consumo energético mensal e anual de cada estratégia de intervenção simulada do Palácio da Justiça.

Mês	Consumo de energia elétrica (kWh/m ²)												CT1- M CA2- M
	SO- PJ	FF1- M	FF2- M	FF3- M	FF4- M	FT1- M	FT2- M FA1- M	FT2 - M FA2- M	FP1- M	FP2- M	CA1- M	CA2- M	
Jan.	11,16	10,82	10,90	11,09	10,67	10,99	11,07	10,85	11,22	11,13	11,15	11,12	11,15
Fev.	10,54	10,03	10,31	10,48	10,11	10,39	10,47	10,27	10,62	10,54	10,54	10,51	10,54
Mar.	11,37	10,95	11,16	11,29	10,86	11,20	11,13	11,00	11,18	11,10	11,17	11,12	11,18
Abr.	9,84	9,59	9,66	9,79	9,47	9,71	9,75	9,60	9,83	9,78	9,86	9,82	9,85
Mai.	10,47	10,50	10,29	10,40	10,06	10,33	10,32	10,19	10,30	10,24	10,45	10,39	10,44
Jun.	8,75	9,27	8,61	8,68	8,37	8,61	8,53	8,47	8,44	8,40	8,61	8,55	8,60
Jul.	8,50	8,88	8,37	8,44	8,16	8,38	8,33	8,25	8,29	8,25	8,42	8,37	8,41
Ago.	9,05	9,52	8,91	8,97	8,65	8,91	8,79	8,74	8,75	8,72	8,84	8,79	8,84
Set.	9,90	9,78	9,73	9,85	9,57	9,78	9,80	9,66	9,93	9,88	9,90	9,86	9,89
Out.	10,31	10,21	10,12	10,23	9,86	10,15	10,08	9,97	10,16	10,09	10,09	10,05	10,10
Nov.	10,84	10,45	10,64	10,76	10,35	10,67	10,60	10,49	10,63	10,53	10,61	10,57	10,62
Dez.	10,50	10,13	10,29	10,42	10,04	10,34	10,31	10,17	10,37	10,28	10,33	10,30	10,35
Total anual (kWh/m².ano)	121,2 5	120,1 3	118,9 8	120,4 0	116,1 7	119,4 6	119,1 8	117,6 4	119,7 4	118,9 3	119,9 6	119,4 5	119,9 7
Redução %	0,00	0,93	1,87	0,70	4,19	1,48	1,71	2,98	1,25	1,92	1,07	1,49	1,06

Fonte: A autora.

Figura 92: Consumo energético mensal de cada EI do Palácio da Justiça



Fonte: A autora.

No Palácio da Justiça as EIs de intervenção que apresentaram melhores desempenho energético foram a substituição do vidro existente pelo vidro insulado “Solar Silver32”, FF4-M, que apresentou 4,19%

de redução do consumo energético; a construção de parede e bandeira, FT2-M e FA2-M, ou apenas de parede, FT2-M e FA1-M, em EPS internamente à fachada de vidro existente com 2,98% de redução e 1,71% de redução, respectivamente; a instalação de grelha de brises na horizontal com 1,92% de redução; e aplicação de película “verde refletiva”, FF2-M, com redução de 1,87%. As demais EIs apresentaram desempenho inferior a 1,50% de redução do consumo. No caso desta edificação as EIs aplicadas à cobertura não apresentaram os melhores desempenhos em contraponto com a maioria das EIs aplicadas às fachadas. Nessa edificação moderna, a área de fachada é superior a área de cobertura.

Tanto o Palácio do Itamaraty, como o Palácio da Justiça apresentaram como melhores EIs aplicadas as fachadas a substituição do vidro existente pelo vidro insulado “Solar Silver32”, FF4-M, seguida da aplicação no vidro existente da película “verde refletiva”, FF2-M. Já a substituição pelo vidro insulado com menor reflexão, FF3-M, ou a aplicação de película fumê, FF1-M, obtiveram desempenhos mais baixos que os anteriores. Quanto à cobertura, em ambas edificações modernas, a EI que obteve melhor resultado na redução de consumo energético foi a aplicação da pintura branca, o que infere a importância do uso de materiais de alta emissividade e baixa absorvância térmica.

7.4. Resultados da simulação computacional do POC de cada estratégia de intervenção

Os resultados de POC obtidos pela simulação computacional das EIs aplicadas ao Museu das Bandeiras estão apresentadas na Tabela 53, os da Secretaria da Fazenda Tabela 54, os do Palácio do Itamaraty na Tabela 55 e os do Palácio da Justiça na Tabela 56.

Todas as EIs propostas aumentaram a quantidade horas ocupadas em conforto nas edificações do período colonial analisadas. No Museu das Bandeiras as EIs relativas à cobertura apresentaram melhor valor de POC do que as EIs relativas aos componentes transparentes. Isso se deve ao baixo valor PAF_T dessa edificação histórica (2,22%), além das aberturas predominantes estarem localizadas na fachada Norte e Sul. Suas fachadas Leste e Oeste são menores em relação às demais. Já a Secretaria da Fazenda apresenta melhores valores de POC com as EIs que alteram os componentes transparentes. Essa edificação apresenta um PAF_T maior (4,95%) que o Museu das Bandeiras e suas aberturas estão localizadas nas fachadas Leste e a Oeste, que possuem área de fachada superior as demais (Norte e Sul).

Tabela 53: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Museu das Bandeiras.

Total de horas por ano	SO-MB	CA1-C CT2-C	CA2-C CT3-C	CT1-C	FF1-C	FF2-C	FF3-C	FF4-C
Em conforto	3502	3736	3624	3737	3534	3549	3516	3548
Em desconforto	513	279	391	278	481	466	499	467
Em desconforto por calor	474	52	73	219	438	416	457	417
Em desconforto por frio	39	227	318	59	43	50	42	50
Percentual de horas de desconforto por frio	92,40	18,64	18,67	78,78	91,06	89,27	91,58	89,29
Percentual de horas de desconforto por calor	7,60	81,36	81,33	21,22	8,94	10,73	8,42	10,71
POC (%)	87,22	93,05	90,26	93,08	88,02	88,39	87,57	88,37

Fonte: A autora.

Tabela 54: POC das estratégias de intervenção aplicadas à Secretaria da Fazenda.

Total de horas por ano	SO-SF	CA1-C CT2-C	CA2-C CT3-C	CT1-C	FF1-C	FF2-C	FF3-C	FF4-C
Em conforto	2983	3053	3091	3036	3183	3212	3106	3213
Em desconforto	1032	962	924	979	832	803	909	802
Em desconforto por calor	762	628	542	704	326	70	563	72
Em desconforto por frio	302	362	422	309	538	744	369	744
Percentual de horas de desconforto por frio	73,84	65,28	58,66	71,91	39,18	8,72	61,94	8,98
Percentual de horas de desconforto por calor	29,26	37,63	45,67	31,56	64,66	92,65	40,59	92,77
POC (%)	74,30	76,04	76,99	75,62	79,28	80,00	77,36	80,02

Fonte: A autora.

Tabela 55: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Palácio do Itamaraty.

Total de horas por ano	SO-PI	FF1-M	FF2-M	FF3-M	FF4-M	FT1-M	FT2-M FA1-M	FT2-M FA2-M	FP1-M	FP2-M	CA1-M	CA2-M	CT1-M CA2-M
Em conforto	3351	3230	3142	3229	3074	3206	3344	3306	3325	3320	3358	3352	3357
Em desconforto	1394	1515	1603	1516	1671	1539	1401	1439	1420	1425	1387	1393	1388
Em desconforto por calor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Em desconforto por frio	1394	1515	1603	1516	1671	1539	1401	1439	1420	1425	1387	1393	1388
Percentual de horas de desconforto por frio	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
POC (%)	70,62	68,07	66,22	68,05	64,78	67,57	70,47	69,67	70,07	69,97	70,77	70,64	70,75

Fonte: A autora.

Tabela 56: POC das estratégias de intervenção aplicadas ao Palácio da Justiça.

Total de horas por ano	SO-PJ	FF1-M	FF2-M	FF3-M	FF4-M	FT1-M	FT2-M FA1-M	FT2-M FA2-M	FP1-M	FP2-M	CA1-M	CA2-M	CT1-M CA2-M
Em conforto	3438	3187	3170	3184	3158	3182	3311	3173	3531	3439	3537	3538	3539
Em desconforto	1307	1558	1575	1561	1587	1563	1434	1572	1214	1306	1208	1207	1206
Em desconforto por calor	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	5	5	5
Em desconforto por frio	1307	1558	1575	1561	1587	1563	1434	1572	1209	1305	1203	1202	1201
Percentual de horas de desconforto por frio	100	100	100	100	100	100	100	100	99,59	99,92	99,59	99,59	99,59
POC (%)	72,46	67,17	66,81	67,10	66,55	67,06	69,78	66,87	74,42	72,48	74,54	74,56	74,58

Fonte: A autora.

Nas edificações de arquitetura moderna estudadas, as EIs que apresentaram melhores valores de POC, superiores a situação original, foram as aplicadas à cobertura (CA1-M, CA2-M, e CT1-M). No caso do Palácio da Justiça, as EIs de instalação de proteções solares nas fachadas (FP1-M e FP2-M)

apresentaram também resultados de POC superiores a situação original. As demais EIs, tanto no Palácio do Itamaraty, como no Palácio da Justiça apresentaram valores de POC inferiores à situação original. Observa-se que as EIs, em geral, diminuíram as temperaturas internas, o que leva ao entendimento que os valores de POC inferiores à situação original são relativos ao desconforto por frio.

7.5. Resultados da pontuação de preservação de cada estratégia proposta

Conforme explicado anteriormente na seção 5.3.4.1, foram elaboradas duas matrizes para avaliação do grau de importância de cada componente construtivo com relação à preservação, um modelo para análise da arquitetura colonial e o outro da arquitetura moderna. Nas Tabela 57 e Tabela 58 são apresentados os valores médios do Vetor de Eigen obtidos para cada componente construtivo analisado a partir do preenchimento das matrizes pelos especialistas. Os valores parciais obtidos pelo preenchimento das matrizes por cada especialista, bem como os valores de índice de consistência - *Consistency Index* (CI), de cada matriz estão apresentados nos Apêndices K e L.

Tabela 57: Valores do Vetor de Eigen obtidos pelo preenchimento por especialistas das matrizes de grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura colonial.

Especialista	Janela	Paredes Externas		Cobertura	Paredes Internas	Teto
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
1	0,94	0,94	1,60	1,02	1,03	0,94
2	2,80	1,46	1,83	1,08	0,80	0,80
3	1,09	1,19	1,45	1,70	1,03	0,94
4	1,15	1,15	1,15	1,27	0,91	0,91
5	1,27	1,19	1,54	1,41	1,75	1,79
Valor Médio	1,45	1,19	1,51	1,30	1,10	1,08

Fonte: A autora.

Tabela 58: Valores do Vetor de Eigen obtidos pelo preenchimento por especialistas das matrizes de grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura moderna.

Especialista	Janela	Paredes Externas		Cobertura	Paredes Internas	Teto
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
1	1,34	1,53	1,62	0,94	0,97	0,98
2	0,93	1,32	1,32	0,89	0,92	1,49
3	0,91	1,66	1,33	0,89	1,55	1,34
4	0,92	1,01	1,48	2,41	0,96	0,96
5	1,24	1,14	1,40	1,17	1,64	0,86
Valor Médio	1,07	1,33	1,43	1,26	1,21	1,13

Fonte: A autora.

Os valores de médios do Vetor de Eigen obtidos foram divididos pela quantidade de EIs para constituir-se em peso para avaliação dessas (Peso da Pontuação de Preservação). Essa análise da arquitetura colonial e moderna possibilita identificar os componentes construtivos que tem maior relevância em serem preservados.

Os questionários específicos de cada edificação histórica para análise do impacto das EIs nos aspectos de valoração a serem preservados estão apresentados nos Apêndices F, G, H e I. Os resultados parciais obtidos pelo preenchimento dos questionários de cada edificação pelos especialistas estão compilados no Apêndice M. A seguir, estão apresentados os valores médios obtidos da Pontuação de Preservação para cada estratégia de intervenção do Museu das Bandeiras (Tabela 59), Secretaria da Fazenda (Tabela 60), Palácio do Itamaraty (Tabela 61) e Palácio da Justiça (Tabela 62). Além dos valores médios de Eigen obtidos anteriormente, foram consideradas para obtenção da Pontuação de Preservação as três análises de aspectos de valoração para cada EI: materiais/sistemas construtivos; história/estética; e espaço envolvente. Os maiores valores obtidos da Pontuação de Preservação, próximos a 1, indicam que o impacto da EI foi baixo ou neutro, em contrapartida quando os valores aproximam-se de 0 indicam que impacto foi alto, ou seja, menos aspectos de valoração foram preservados.

Tabela 59: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras.

EI	Valores médios das análises			PP ₂ - Somatório dos valores médios das análises	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F	
	Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente						
1	FF1-C	0,80	0,70	0,80	2,30	Janela	1,66	0,24	0,54
2	FF2-C	0,20	0,00	0,00	0,20	Janela	1,66	0,24	0,05
3	FF3-C	0,50	0,50	0,60	1,60	Janela	1,66	0,24	0,38
4	FF4-C	0,00	0,10	0,20	0,30	Janela	1,66	0,24	0,07
5	CA1-C CT2-C	0,00	0,00	0,00	0,00	Cobertura	1,21	0,17	0,00
6	CA2-C CT3-C	0,30	0,20	0,20	0,70	Cobertura	1,21	0,17	0,12
7	CT1-C	0,80	0,70	0,80	2,30	Cobertura	1,21	0,17	0,40

EI: estratégia de intervenção; **CC:** componentes construtivos; **VE_m:** vetor de Eigen médio das matrizes; **Peso da PP₁:** VEm /quantidade de EI; **PP₁:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1; **PP₂:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2; **PP_F:** pontuação de preservação final para cada EI

Fonte: A autora.

Tabela 60: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda.

EI		Valores médios das análises			PP ₂	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F
		Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente	Somatório dos valores médios das análises				
1	FF1-C	1,00	0,88	0,88	2,75	Janela	1,45	0,21	0,57
2	FF2-C	0,25	0,00	0,13	0,38	Janela	1,45	0,21	0,08
3	FF3-C	0,50	0,75	0,75	2,00	Janela	1,45	0,21	0,41
4	FF4-C	0,00	0,13	0,13	0,25	Janela	1,45	0,21	0,05
5	CA1-C CT2-C	0,00	0,00	0,13	0,13	Cobertura	1,30	0,19	0,02
6	CA2-C CT3-C	0,25	0,25	0,13	0,63	Cobertura	1,30	0,19	0,12
7	CT1-C	0,75	0,75	0,75	2,25	Cobertura	1,30	0,19	0,42

EI: estratégia de intervenção; **CC:** componentes construtivos; **VE_m:** vetor de Eigen médio das matrizes; **Peso da PP₁:** VEm /quantidade de EI; **PP₁:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1; **PP₂:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2; **PP_F:** pontuação de preservação final para cada EI

Fonte: A autora.

Tanto no Museu das Bandeiras, como na Secretaria da Fazenda as EIs consideradas com melhor pontuação de preservação em ordem decrescente foram a FF1-C, a CT1-C, e a FF3-C. Essas estratégias foram consideradas a de baixo impacto aos valores de preservação dessas edificações. A aplicação da película FF1-C ou a substituição do vidro pelo FF3-C são intervenções que se aproximam mais do efeito estético da situação original, o vidro simples incolor de 3 mm. Quanto a estratégia CT1-C, é uma intervenção que não fica aparente, visto que a manta térmica fica sob o telhado, não interferindo, portanto, na visualização do telhado existente.

Nas edificações do período colonial a pior pontuação de preservação foi a substituição da telha colonial pela termoacústica com acabamento branco, CA1-C CT2-C. O uso da película FF2-C no vidro existente e a substituição do vidro existente pelo FF4-C, que são mais reflexivos e que alteram a cor original apresentaram pontuações de preservação baixas também.

Tabela 61: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty.

EI		Valores médios das análises			PP ₂	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F
		Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente	Somatório dos valores médios das análises				
1	FF1-M	0,88	0,75	0,88	2,50	Janela	1,07	0,09	0,22
3	FF3-M	0,63	0,50	0,75	1,88	Janela	1,07	0,09	0,17
4	FF4-M	0,25	0,38	0,38	1,00	Janela	1,07	0,09	0,09
5	FT1-M	0,50	0,63	0,50	1,63	PE-Superfície Exterior	1,33	0,11	0,18
6	FP1-M	0,13	0,00	0,00	0,13	PE-Superfície	1,33	0,11	0,01

EI	Valores médios das análises			PP ₂ . Somatório dos valores médios das análises	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F	
	Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente						
					Exterior				
7	FP2-M	0,38	0,13	0,13	0,63	PE-Superfície Exterior	1,33	0,11	0,07
8	FA1-M FT2-M	0,38	0,00	0,38	0,75	PE-Superfície Interior	1,43	0,12	0,09
9	FA2-M FT2-M	0,38	0,00	0,38	0,75	PE-Superfície Interior	1,43	0,12	0,09
10	CA1-M	0,88	0,88	0,50	2,25	Cobertura	1,26	0,10	0,24
11	CA2-M	1,00	1,00	0,88	2,88	Cobertura	1,26	0,10	0,30
12	CT1-M CA2-M	0,88	1,00	0,88	2,75	Cobertura	1,26	0,10	0,29

EI: estratégia de intervenção; **CC:** componentes construtivos; **VE_m:** vetor de Eigen médio das matrizes; **Peso da PP₁:** VEm /quantidade de EI; **PP₁:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1; **PP₂:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2; **PP_F:** pontuação de preservação final para cada EI

Fonte: A autora.

Tabela 62: Pontuação de preservação das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça.

EI	Valores médios das análises			PP ₂ . Somatório dos valores médios das análises	CC	VE _m	PP ₁ - Peso	PP _F	
	Materiais/ Sistemas Construtivos	Histórica/ Estética	Espaço Envolvente						
1	FF1-M	0,90	0,80	0,90	2,60	Janela	1,07	0,09	0,23
2	FF2-M	0,40	0,20	0,30	0,90	Janela	1,07	0,09	0,08
3	FF3-M	0,40	0,50	0,50	1,40	Janela	1,07	0,09	0,12
4	FF4-M	0,30	0,40	0,40	1,10	Janela	1,07	0,09	0,10
5	FT1-M	0,30	0,50	0,40	1,20	PE-Superfície Exterior	1,33	0,11	0,13
6	FP1-M	0,10	0,00	0,00	0,10	PE-Superfície Exterior	1,33	0,11	0,01
7	FP2-M	0,10	0,10	0,10	0,30	PE-Superfície Exterior	1,33	0,11	0,03
8	FA1-M FT2-M	0,20	0,00	0,20	0,40	PE-Superfície Interior	1,43	0,12	0,05
9	FA2-M FT2-M	0,10	0,00	0,10	0,20	PE-Superfície Interior	1,43	0,12	0,02
10	CA1-M	0,90	1,00	0,90	2,80	Cobertura	1,26	0,10	0,29
11	CA2-M	1,00	1,00	0,90	2,90	Cobertura	1,26	0,10	0,30
12	CT1-M CA2-M	0,90	1,00	0,90	2,80	Cobertura	1,26	0,10	0,29

EI: estratégia de intervenção; **CC:** componentes construtivos; **VE_m:** vetor de Eigen médio das matrizes; **Peso da PP₁:** VEm /quantidade de EI; **PP₁:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 1; **PP₂:** pontuação de preservação obtida pela aplicação do questionário 2; **PP_F:** pontuação de preservação final para cada EI

Fonte: A autora.

As maiores pontuações de preservação do Palácio do Itamaraty e do Palácio da Justiça foram as EIs aplicadas à cobertura, sendo que a maior pontuação foi a aplicação de pintura branca na cobertura existente, CA2-M. Dentre as outras EIs, as melhores pontuações de preservação para as duas edificações históricas foram, em ordem decrescente, a aplicação da película fumê FF1-M, a construção da fachada dupla de vidro, FT1-M, e a substituição pelo vidro insulado FF3-M. A pior pontuação de preservação foi a EI de construção de marquises em chapas metálicas FP1-M.

Em geral, as edificações modernas tiveram baixas pontuações com as EIs que previam a inserção de um novo componente construtivo, seja internamente ou externamente à fachada de vidro existente (inserção de proteções solares externas ou construção de fechamentos opacos internos), bem como o uso de películas de alta reflexão no vidro existente ou a substituição por vidros de alta reflexão.

7.6. Avaliação integrada: consumo energético, POC e pontuação de preservação

Após obtenção dos resultados de consumo energético, POC e pontuação de preservação de cada EI para as edificações históricas analisadas, é apresentada uma avaliação integrada das três variáveis com o intuito de identificar as melhores EIs que visem otimizar o três objetivos principais do *retrofit* energético dessas edificações: menor consumo energético, maior POC e maior pontuação de preservação. Quando se trata de desempenhos ou objetivos conflitantes entre si, nem sempre é possível escolher os melhores valores de todas as variáveis analisadas, mas pretende-se fazer a análise para a escolha das melhores EIs que atendam satisfatoriamente os objetivos propostos.

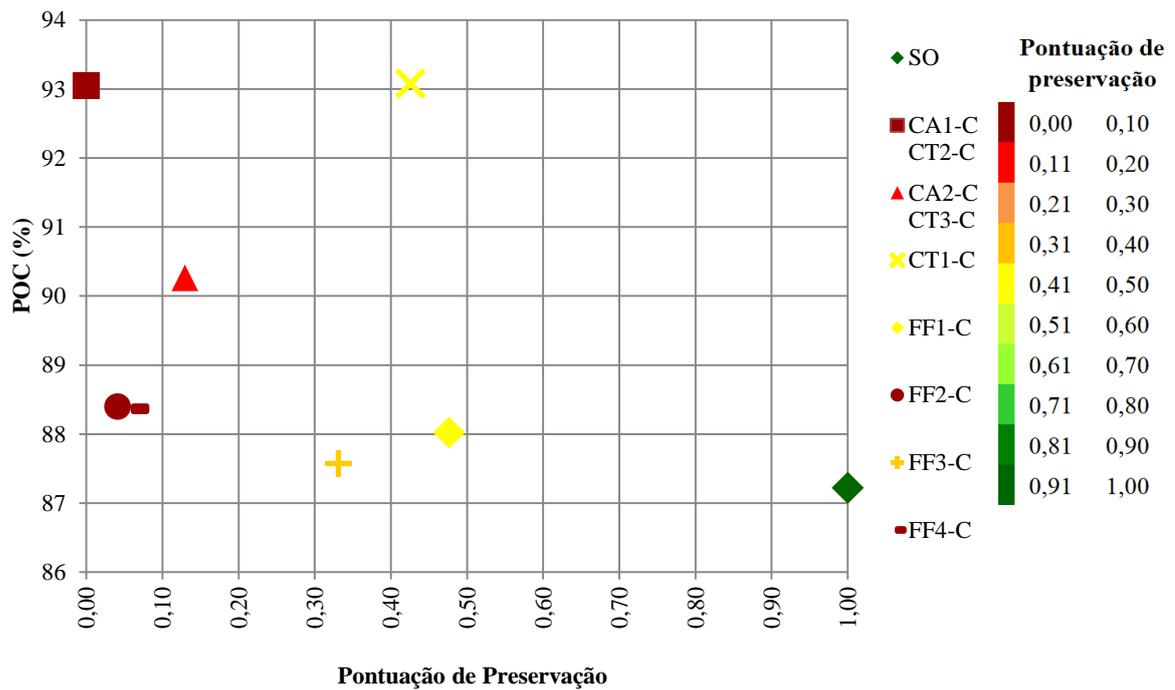
A seguir, são apresentados os resultados das três variáveis do Museu das Bandeiras nas Tabela 63 e Figura 93, da Secretaria da Fazenda nas Tabela 64 e Figura 94, do Palácio do Itamaraty nas Tabela 65 e Figura 95, e do Palácio da Justiça nas Tabela 66 e Figura 96.

Tabela 63: Resultados das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras - consumo energético, POC e pontuação de preservação.

Estratégias de intervenção	Consumo energético anual (KWh/m ² .ano)	POC (%)	Pontuação de preservação
SO	45,15	87,22	1,00
CA1-C CT2-C	45,15	93,05	0,00
CA2-C CT3-C	45,15	90,26	0,13
CT1-C	45,15	93,08	0,43
FF1-C	45,15	88,02	0,48
FF2-C	45,15	88,39	0,04
FF3-C	45,15	87,57	0,33
FF4-C	45,15	88,37	0,06

Fonte: A autora.

Figura 93: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Museu das Bandeiras - POC e pontuação de preservação.



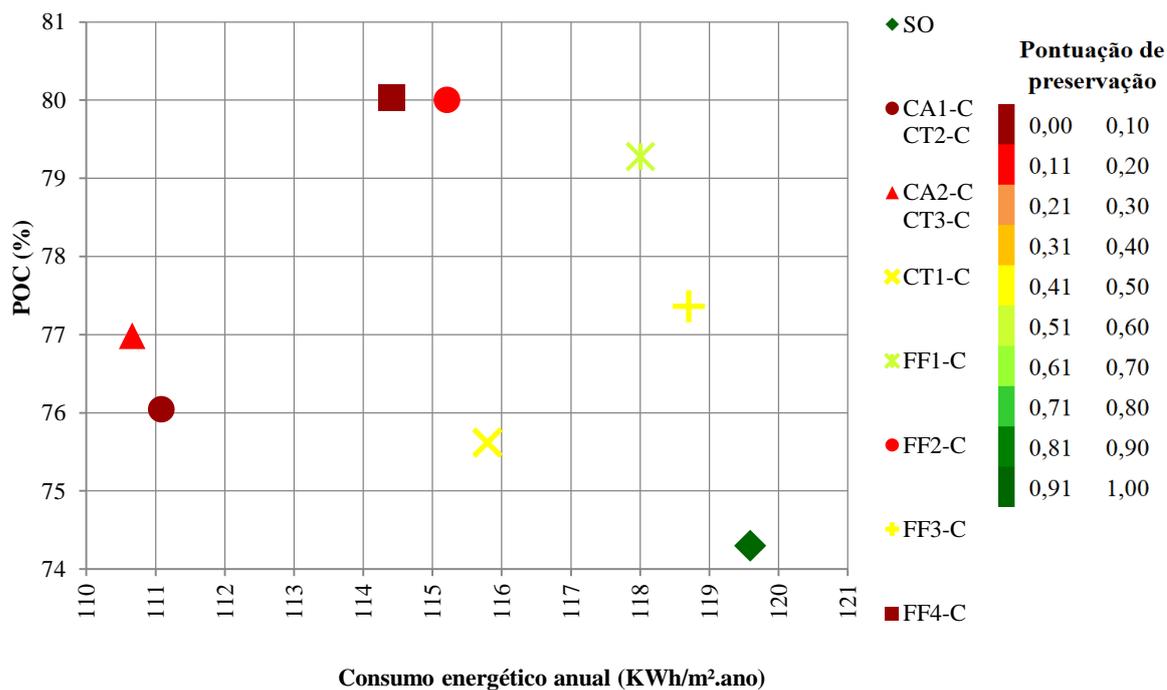
Fonte: A autora.

Tabela 64: Resultados das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda - consumo energético, POC e pontuação de preservação.

Estratégias de intervenção	Consumo energético anual (KWh/m ² .ano)	POC (%)	Pontuação de preservação
SO	119,59	74,30	1,00
CA1-C CT2-C	111,09	76,04	0,02
CA2-C CT3-C	110,67	76,99	0,12
CT1-C	115,80	75,62	0,42
FF1-C	118,01	79,28	0,57
FF2-C	115,22	80,00	0,08
FF3-C	118,70	77,36	0,41
FF4-C	114,42	80,02	0,05

Fonte: A autora.

Figura 94: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda - consumo energético, POC e pontuação de preservação.



Fonte: A autora.

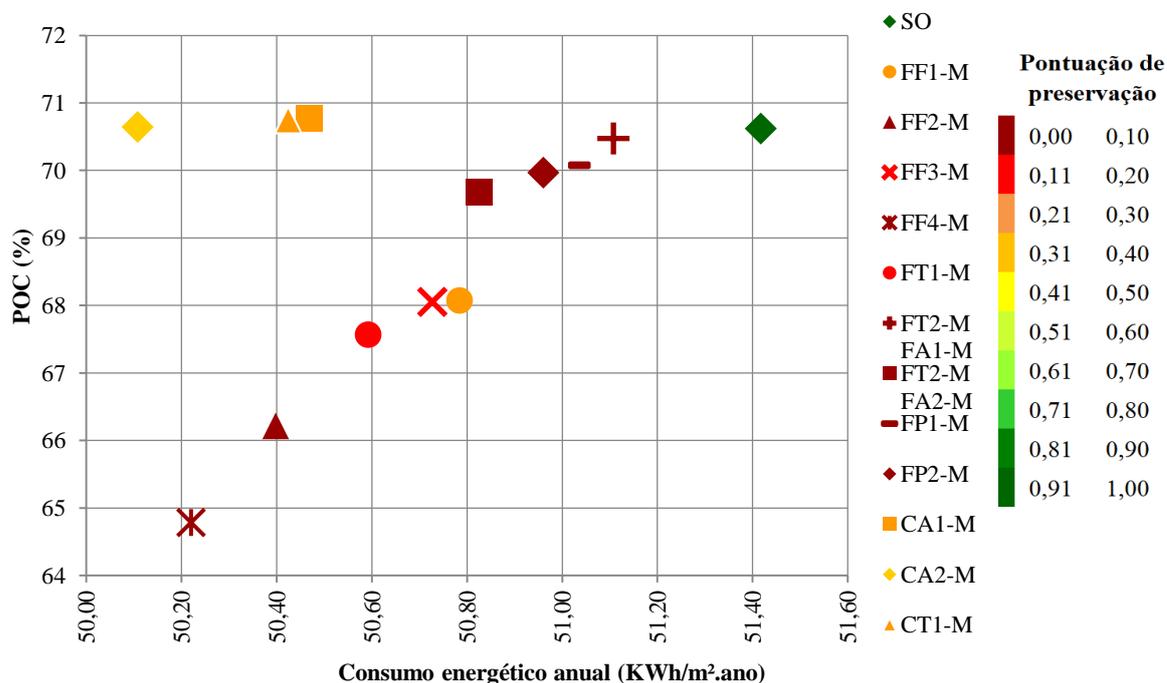
Considerando o POC, as melhores EIs seriam as substituições do vidro existente pelo vidro FF4-C ou a aplicação da película “verde refletiva” FF2-C. Considerando a redução do consumo energético, as melhores estratégias seriam a substituição da telha existente pela colonial na cor marfim CA2-C CT3-C ou pela termoacústica com acabamento branco CA1-C CT2-C. Quanto à pontuação de preservação a melhor estratégia é a FF1-C, seguida das CT1-C e FF3-C.

Tabela 65: Resultados das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty - consumo energético, POC e pontuação de preservação.

Estratégias de intervenção	Consumo energético anual (KWh/m ² .ano)	POC (%)	Pontuação de preservação
SO	51,42	70,62	1,00
FF1-M	50,79	68,07	0,22
FF2-M	50,40	66,22	0,04
FF3-M	50,73	68,05	0,17
FF4-M	50,22	64,78	0,09
FT1-M	50,59	67,57	0,18
FT2-M FA1-M	51,11	70,47	0,09
FT2-M FA2-M	50,83	69,67	0,09
FP1-M	51,04	70,07	0,01
FP2-M	50,96	69,97	0,07
CA1-M	50,47	70,77	0,24
CA2-M	50,11	70,64	0,30
CT1-M	50,42	70,75	0,29

Fonte: A autora.

Figura 95: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Palácio do Itamaraty- consumo energético, POC e pontuação de preservação.



Fonte: A autora.

No Palácio do Itamaraty todas as EIs apresentaram desempenho energético superior a situação original, no entanto, apenas três EIs apresentaram conforto térmico melhor do que a mesma, que são àquelas aplicadas à cobertura CA1-M, CA2-M, e CT1-M. Essas estão entre as EIs que apresentaram

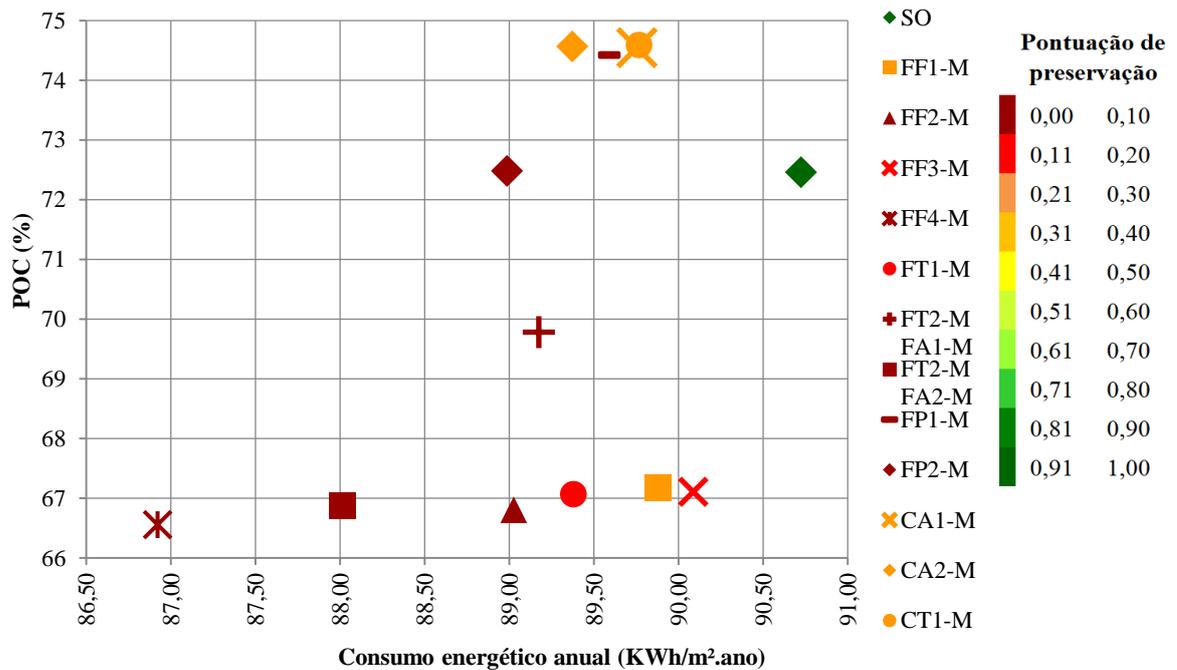
também melhores pontuações de preservação, sendo que a CA2-M, aplicação de pintura branca na cobertura existente, apresentou o maior valor de pontuação de preservação.

Tabela 66: Resultados das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça - consumo energético, POC e pontuação de preservação.

Estratégias de intervenção	Consumo energético anual (KWh/m².ano)	POC (%)	Pontuação de preservação
SO	90,73	72,46	1,00
FF1-M	89,88	67,17	0,23
FF2-M	89,03	66,81	0,08
FF3-M	90,09	67,10	0,12
FF4-M	86,92	66,55	0,10
FT1-M	89,38	67,06	0,13
FT2-M FA1-M	89,18	69,78	0,05
FT2-M FA2-M	88,02	66,87	0,02
FP1-M	89,59	74,42	0,01
FP2-M	88,99	72,48	0,03
CA1-M	89,76	74,54	0,29
CA2-M	89,37	74,56	0,30
CT1-M	89,77	74,58	0,29

Fonte: A autora.

Figura 96: Gráfico dos resultados das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça - consumo energético, POC e pontuação de preservação.



Fonte: A autora.

Semelhantemente ao Palácio do Itamaraty, todas as EIs apresentaram desempenho energético superior à situação original, mas apenas algumas apresentaram valores de POC superior a mesma. Nessa situação encontraram-se cinco EIs, das quais duas apresentaram baixa pontuação de preservação, FP1-M e FP2-M, e três melhores pontuação de preservação, CA1-M, CA2-M, CT1-M. Essas últimas foram as EIs aplicadas à cobertura existente e apresentaram valores de resultados muito próximos entre si.

O processo de tomada de decisão busca a análise das EIs aplicadas caso a caso, visto que cada edificação histórica mesmo construída no mesmo sítio, clima e época, com materiais e técnicas construtivas semelhantes, tem características intrínsecas tais como diferentes usos, programa de necessidades, áreas construídas, volume, intervenções ao longo do tempo, implantação, influência de microclimas urbano, relação com entorno imediato, dentre outros fatores, que justificam a necessidade dessa análise particular e direcionada para cada caso estudado.

Apesar disso, nesse estudo, ao focar estratégias de intervenção aplicadas à envoltória, foi possível observar semelhanças quanto aos resultados analisados das fachadas e cobertura tanto nas edificações do período colonial, como nas edificações modernas estudadas.

Em geral, a pontuação de preservação obtidas pelas EIs estudadas demonstrou uma tendência de recomendação de intervenção mínima na envoltória: o uso de películas e vidros de aparência mais discreta, com baixa reflexão, mais semelhantes aos existentes e a aplicação de intervenções na cobertura que não visíveis pelo usuário da edificação ou pelos que circulam nas proximidades do edifício. No caso das edificações modernas a cobertura seria visível também pelas pessoas que utilizam os edifícios anexos, de altura superior ao palácio principal.

Analisando os resultados de cada EI é possível dimensionar o impacto isoladamente desta na edificação estudada. A partir dessa análise preliminar de cada EI, pode-se auxiliar posteriormente a construção de cenários mais coerentes e fundamentados para a análise simultânea de EIs.

Na perspectiva de objetivos que por vezes são conflitantes entre si, optou-se pela escolha de EIs que apresentassem POC e desempenho energético superior à situação original e que obtivessem a melhor pontuação de preservação possível. Estratégias que atendam a esta condição possuem grande potencial para aplicação ou utilização no processo de tomada de decisão para intervenção em edificações de valor cultural (significância cultural).

CONSIDERAÇÕES

FINAIS



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto para avaliação de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras está inserido em discussões atuais de como intervir no patrimônio arquitetônico para melhoria do desempenho ambiental, adequar as novas necessidades de seus usuários ou de exigências estabelecidas por normativas, e, ao mesmo tempo, conciliar com a preservação dos valores de significância cultural. Essa busca é evidenciada pela publicação de normas e de estudos internacionais com esse enfoque. Foi realizado o estudo da realidade brasileira de regulamentos de projeto de intervenção em edificações históricas, bem como de certificação energética em edificações existentes para elaboração e proposição de procedimentos que fossem coerentes com essas exigências e com o entendimento dos princípios de preservação na prática de projetual já estabelecidos.

8.1. Cumprimento dos objetivos

O processo de projeto de intervenção em edificações históricas apresenta muitos desafios. Dentre eles está o levantamento e sistematização dos dados sobre o edifício e suas partes para fundamentar a proposição de estratégias de intervenção, para melhoria de desempenho térmico e energético, que sejam coerentes com sua trajetória histórica, com a relação com o entorno, compatíveis com o clima, com a materialidade e características arquitetônicas das edificações históricas. Assim, foram propostos procedimentos para esta etapa de projeto. Outro desafio é o processo de escolha de estratégias de intervenção que considerem à preservação dos atributos do patrimônio cultural. Deste modo, foi proposto um método para sistematizar o processo de tomada de decisão durante a escolha de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas. Foram determinadas três variáveis para avaliação das estratégias de *retrofit*: consumo energético; conforto térmico; e preservação dos atributos do patrimônio cultural da edificação. Foi utilizada a simulação computacional para avaliação de desempenho térmico e energético, e foram propostos procedimentos para a consulta de opinião de

especialistas quanto à preservação dos atributos do patrimônio cultural. O método foi aplicado em quatro estudos de casos. A partir da obtenção dos resultados de cada estratégia para cada edificação histórica estudada, foi possível distinguir aquelas que atendiam aos requisitos determinados de máxima preservação de atributos do patrimônio cultural; melhoria do conforto térmico e redução do consumo energético. Dessa forma, o estudo cumpriu os objetivos estabelecidos para desenvolvimento da tese.

A partir da revisão da literatura nacional e internacional sobre *retrofit* energético, princípios de preservação em patrimônio arquitetônico, métodos de avaliação de desempenho energético e tomada de decisão para escolha de estratégias em edificações históricas, foi possível a elaboração de um método baseado em análise multicritério de decisão, contando com a participação de especialistas na área de patrimônio arquitetônico. Foi possível sistematizar as respostas qualitativas dos especialistas sobre o impacto de estratégias de *retrofit* energético para a envoltória em edificações históricas, bem como as respostas qualitativas sobre a representatividade de cada componente construtivo no tipo de arquitetura em uma escala numérica para obtenção da pontuação de preservação. Foi proposta o balanceamento dessa pontuação, ou seja, a busca pela preservação dos atributos do patrimônio cultural com a melhoria do desempenho energético e conforto térmico.

Ressalta-se que a ideia central da tese é testar o método proposto em casos distintos, visando avaliar a aplicabilidade do mesmo em edificações com características construtivas e climáticas diferentes. Partiu-se do pressuposto da necessidade de análise caso a caso. Assim, foi feito o estudo de aplicabilidade em quatro edificações históricas, sendo duas representativas da arquitetura colonial na cidade de Goiás e outras da arquitetura moderna em Brasília, sendo as de arquitetura colonial pertencentes à zona bioclimática 7 e da arquitetura moderna à zona bioclimática 4. O objetivo não foi comparar qual edificação dentro da mesma zona apresentou melhor resultados, mas a aplicabilidade do método em edificações distintas de um mesmo estilo arquitetônico dentro da mesma zona bioclimática. Apesar de possuírem sistemas construtivos parecidos, de pertencerem ao mesmo sítio e à mesma época de construção, cada edificação apresenta suas peculiaridades de uso, sistema de iluminação, condicionamento de ar, implantação, área, volume, detalhes construtivos, relação com o entorno imediato, entre outros.

8.2. Conclusões sobre o método proposto

A proposta do método foi concebida com base na revisão da literatura nacional e internacional, e consta de cinco etapas, estruturadas e adaptadas, a fim de serem utilizadas por projetistas que

desenvolvam projetos de intervenção em edificações históricas. Após a aplicação do método em 4 diferentes estudos de caso, são apresentadas as conclusões a seguir.

Na primeira etapa do método proposto, foi relacionada uma série de itens de análise para caracterização da edificação histórica, visando orientar o projetista no processo de levantamento de dados e as análises preliminares. Foi proposto o uso de técnicas não destrutivas para obtenção de propriedades térmicas dos componentes construtivos da envoltória, visto a ausência de informações técnicas ou incerteza sobre os reais materiais e camadas que constituem a composição das paredes, em especial, da arquitetura colonial. O uso da câmera termográfica e da norma ISO 9869-1 (2014) seria a referência para realização das medições com termofluxímetro de componentes construtivos da envoltória, para obtenção da transmitância térmica; e o uso do espectrômetro para obtenção da absorvância térmica dos materiais da fachada.

Ainda na primeira etapa, considerando a ausência, na maioria dos casos analisados, dos projetos originais, foi realizado o levantamento de dados *in loco* do sistema de iluminação e condicionamento de ar. Para tanto, no método foi proposto o uso de formulários para levantamento e conferência de informações necessárias para o diagnóstico energético da envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar, elaborados com base em requisitos do RTQ-C (BRASIL, 2010a). Relativos a essa primeira etapa, foram publicados os seguintes artigos:

- JAPIASSÚ, P.; AMORIM, C. N. D. Thermal characterization of historical buildings: methods, problems and potentialities. In: 3rd International Conference on Protection of Historical Construction, 2017, Lisboa. 3rd International Conference on Protection of Historical Construction - PROHITECH'17, 2017. v. 1. p. 1-10.
- JAPIASSÚ, P.; KANNO, J. R.; MAGALHÃES, T. F.; AMORIM, C. N. D. *Retrofit* energético de patrimônio arquitetônico moderno em Brasília: estudo do Palácio da Justiça. In: 13º Seminário Docomomo_Brasil: Arquitetura Moderna Brasileira. 25 anos do Docomomo_Brasil. Todos os mundos, um só mundo. 13º Docomomo_Brasil, 2019, Salvador. **Anais...** Salvador, BA: Instituto de Arquitetos do Brasil, Departamento da Bahia, 2019. v. 1. p. 1-16. (ISBN 978-85-66843-06-4). Disponível em: <https://13docomomobrasil.ufba.br/lancamento-de-livros>. Acesso em: 19 nov. 2019.

A caracterização das edificações históricas foi fundamental para a avaliação de desempenho energético e conforto térmico das edificações históricas analisadas pela simulação computacional, obtendo-se os valores de consumo energético por uso final e POC realizadas na segunda etapa do método.

Após diagnóstico energético das edificações históricas, através da simulação computacional na terceira etapa, foi possível a proposição de estratégias de intervenção para a envoltória (fachadas e cobertura) da edificação, visando à redução do consumo energético através da adição ou substituição de materiais e componentes construtivos. Foram propostas estratégias de intervenção para as edificações do período colonial e modernas, disponíveis no mercado brasileiro, com especificações técnicas. Nesta etapa, destaca-se a importância de escolha de estratégias de intervenção que tenham compatibilidade técnica com os materiais e sistemas construtivos originais e que ao mesmo tempo marcassem o seu tempo, ou seja, atendessem a distinguibilidade dos materiais originais e os propostos na intervenção.

Na quarta etapa do método, foi possível obter os resultados de consumo energético e POC de cada estratégia de intervenção aplicada às edificações históricas, bem como obter a Pontuação de Preservação dessas a partir da consulta aos especialistas na área de patrimônio com aplicação de dois questionários de avaliação.

O questionário de avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura moderna e colonial possibilitou dimensionar quais eram os componentes mais relevantes de serem preservados. A pontuação obtida de cada componente construtivo foi considerada como peso na análise dos resultados alcançados pela aplicação do questionário de avaliação das estratégias de intervenção propostas para as edificações históricas estudadas. Ressalta-se que no preenchimento desse primeiro questionário, alguns especialistas alegaram dificuldades no entendimento de quais características padrão definiriam a arquitetura moderna ou colonial para a realização da análise comparativa de seus componentes construtivos. Nesse questionário, foi solicitado que avaliação deveria considerar que todos os componentes construtivos eram característicos da arquitetura colonial ou moderna, mas não apresentou uma edificação específica para a análise. Isso pode ter refletido nos resultados obtidos das matrizes respondidas por especialistas que obtiveram taxa de inconsistência superior ao limite permitido. Nesse sentido, entende-se que há a possibilidade de que as taxas de inconsistências obtidas no preenchimento das matrizes poderiam ser menores se esse questionário fosse analisado uma edificação específica.

Os resultados obtidos pelas respostas dos especialistas ao questionário de avaliação do grau do impacto das estratégias de *retrofit* energético da envoltória das edificações históricas aos valores de significação patrimonial mostraram que a maioria das estratégias de intervenção proposta foi considerada de alto impacto nos valores a serem preservados, apresentando baixos valores de pontuação de preservação. Em geral, tanto na arquitetura moderna, como na colonial, as estratégias aplicadas às fachadas que apresentaram melhores valores de pontuação de preservação foram o uso de película aplicada ao vidro existente e substituição por vidros de baixa reflexão. Quanto à cobertura, todas as estratégias aplicadas na arquitetura moderna apresentaram pontuação de preservação

satisfatória; já na arquitetura colonial apenas uma estratégia de intervenção aplicada sob o telhado obteve melhor pontuação de preservação. Ressalta-se que os conceitos propostos para a análise das estratégias de intervenção foram baseados no entendimento de quais aspectos devem ser valorados segundo o documento “Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural” (BRASIL, 2005), que são: a autenticidade material e dos sistemas construtivos, autenticidade estética e histórica, autenticidade da relação da edificação com o entorno. Dessa forma, o método buscou aproximar-se da realidade brasileira aplicada aos projetos de intervenção em edificações históricas tombadas como parâmetro de análise.

Por fim, a quinta etapa do método apresentou o processo de tomada de decisão durante a escolha das melhores estratégias de intervenção aplicadas a cada edificação histórica. O processo de escolha baseia-se na avaliação integradas das três variáveis simultaneamente: consumo energético, conforto térmico e preservação dos atributos do patrimônio cultural. Foi possível identificar que os três objetivos analisados nos resultados, redução do consumo energético, melhoria do conforto térmico e maior preservação dos valores de significância patrimonial são, em geral, conflitantes entre si. Assim, apontou-se que a tomada de decisão deve ser baseada nas estratégias de intervenção que tivessem a maior pontuação de preservação e que obtivessem valores de consumo energético inferior ao original e POC superior à situação original de cada edificação histórica. Dessa forma, foi observado nos estudos de casos que as melhores estratégias de intervenção não foram aquelas que apresentaram o melhor desempenho térmico e energético, mas que apresentaram desempenhos satisfatórios (superiores à situação original) e obtiveram as melhores pontuações de preservação.

O método, portanto, compreende a sistematização do processo de escolhas de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas, que se inicia com a etapa de levantamento de dados e caracterização ampla do edifício, passando pela avaliação de desempenho térmico energético por simulação computacional da situação original e das estratégias de intervenção, até a consulta a especialistas sobre os componentes construtivos a serem priorizados na preservação de cada tipo de arquitetura, bem como a análise do grau de impacto das estratégias de intervenção. Considera-se que a quantificação da opinião dos especialistas sobre o julgamento dos atributos do patrimônio cultural de cada edificação foi fundamental para o processo de tomada de decisão.

Conclui-se que foi atendido o objetivo principal da tese de desenvolver um método para avaliar a aplicabilidade de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas considerando os atributos do patrimônio cultural a serem preservados, em conformidade com os critérios adotados pela legislação brasileira de preservação do patrimônio histórico, para sistematizar e apoiar a tomada de decisão dos projetistas na etapa de estudo preliminar do projeto de intervenção. Após investigação da hipótese levantada na tese, foi possível notar que a análise quantitativa dos valores de significância

patrimonial, em conjunto com a avaliação de desempenho energético e conforto térmico em edificações históricas de forma sistematizada, possibilitou a otimização do processo de escolha de estratégias adequadas de projeto de intervenção em edificações históricas. Ao contribuir para melhoria e sistematização dessa importante etapa de projeto, entende-se, por conseguinte, a aplicação do método possa estimular a prática de *retrofit* energético em edificações históricas que seja mais adequada tanto em compatibilidade com as características construtivas, como condizente com os valores de preservação patrimonial.

8.3. Contribuições da tese

A partir do estudo desenvolvido na tese, pretende-se contribuir para um aprofundamento do conhecimento técnico e científico sobre a avaliação de estratégias de *retrofit* energético em edificações históricas brasileiras e o seu impacto na preservação de valores de significância cultural com o propósito de melhorar o desempenho energético e conforto ambiental nessas edificações, bem como de preservar seus atributos de patrimônio cultural.

O método proposto poderá ser útil para os diversos agentes envolvidos em projetos de intervenções de edificações históricas assim como para os gestores de edifícios, formuladores de políticas públicas e outros. Em especial, os arquitetos e projetistas poderão aplicá-la na etapa de estudo preliminar de projeto, orientando e sistematizando a escolha de estratégias de *retrofit* energético.

Para fomentar a aplicação efetiva do método proposto na prática de projeto de intervenção em edificações históricas, sugere-se que esse seja incluído como escopo do estudo preliminar de projeto, podendo ser contratada a aplicação do método por consultoria. É importante que a aplicação do método seja realizada nas etapas iniciais, pois os resultados obtidos a partir de sua aplicação poderão fundamentar a tomada de decisão para elaboração do projeto de intervenção.

8.4. Limitações do estudo

A aplicação do método proposto limitou-se a aplicação em edifícios modernos ou coloniais de duas zonas bioclimáticas brasileiras.

O estudo não contemplou a análise de ventilação natural, estanqueidade do ar e de manifestações patológicas das edificações históricas. Fatores que podem influenciar no desempenho dessas, portanto, os resultados da simulação de conforto térmico e de desempenho energético são relativos às configurações padronizadas na pesquisa para os modelos:

Outras limitações foram encontradas quanto aos dados disponíveis das edificações históricas, especialmente de consumo energético. Em uma das edificações modernas, os valores de consumo energético apresentados nas contas de energia incluíam o palácio com os anexos, já em uma das edificações do período colonial os valores apresentaram-se inconsistentes. Este fato criou dificuldades na etapa de calibração do modelo de simulação computacional, onde foram comparados os dados reais com o modelo simulado. Assim, ao invés de comparar o consumo energético, optou-se por realizar medições *in loco* das temperaturas internas de ambientes não climatizados de cada edificação para realizar a calibração dos modelos de simulação computacional das edificações históricas.

Outro entrave encontrado foi quanto à realização do ensaio para obtenção dos valores de transmitância térmica das paredes da envoltória da arquitetura colonial. A necessidade de períodos longos de medição e interrupção das atividades existentes no ambiente foram fatores limitantes para execução do ensaio. Em alguns casos foi necessário esperar dias de feriado prolongado, quando as atividades da edificação estavam paralisadas, para conseguir executar o ensaio, mas o período não foi suficiente para a estabilização dos valores para análise de resultados. Ressalta-se, por fim, que o alto custo de aquisição dos equipamentos pode ser um fator limitante para a realização dos ensaios e para a obtenção das propriedades térmicas dos componentes construtivos da envoltória.

8.5. Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, podem-se citar:

- Aplicação do método para outras zonas bioclimáticas brasileiras, em especial, as de clima mais frio que ensejam outro tipo de estratégias bioclimáticas;
- Aplicação do método incluindo estratégias de intervenção para o sistema de condicionamento de ar e sistema de iluminação.
- Aplicação do método para outros estilos arquitetônicos;
- Ampliação da análise das estratégias de intervenção com outras categorias e critérios de avaliação, tais como, a viabilidade econômica e aspectos de uso propostas na EN 16883 (2017).
- Inclusão da participação e a opinião da população, comunidade ou usuário da edificação histórica no processo de escolha de estratégias de intervenção.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**. Edifícios habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ADHIKARI R. S.; LONGO E.; PRACCHI V.; ROGORA A.; ROSINA E.; SCHIPPA G. Energy Behaviour in Historical Buildings: Limits and Potentials for the Project Evaluation. In: 27th Conference on Passive and Low Energy Architecture - PLEA, 2011, Louvain-la-Neuve, Belgium. **Proceedings...**, Louvain-la-Neuve, 2011.

AHU – Arquivo Histórico Ultramarino. **Projeto Resgate**. Disponível em: <<http://www.cmd.unb.br/biblioteca.html>>. Acesso em: dez. 2018.

ALFONSO, M. B.; AMORIM, C. N. D. A aplicabilidade do Requisito Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em edificações comerciais existentes: a problemática da prospecção. In: ROMERO, M. A. B; SILVA, C. F. (Org.). **Olhares da reabilitação ambiental sustentável**. Produtos das edições do Curso de Especialização Reabilita. Brasília: FAU-UnB, 2012, v. 1, p. 132-156.

AMARAL, A. **Arte para quê? : A Preocupação Social na Arte Brasileira 1930-1970**. 3ª Ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.

APOLONIO, R. M.; OMAR, L. G.; JESUS, J. M. H.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; CARVALHO, B. C. Proposta de *retrofit* para um edifício histórico seguindo os princípios de sustentabilidade. In: PLURIS 2010 - 4º Congresso luso-brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável, 2010, Faro. **Anais...** Faro, Portugal: Universidade do Algarve, 2010.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2013.

ASTORGA, J. Projeto de restauração. In: RIBEIRO, R. T. M.; NÓBREGA, C. C. L. (Org.). **Projeto e patrimônio: reflexões e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Book's, 2016. p. 159-222.

ATKINS, R.; EMMANUEL, R.; HERMANN, C. Integrating conservation aspects into energy performance assessments for twentieth century buildings: Assessing the canongate housing complex in Edinburgh, United Kingdom, **Journal of Architectural Conservation**, v.24, p. 27–40. 2018.

AULICIEMS, A. Towards a psycho-physiological model of thermal perception. **International Journal of Biometeorology**, v. 25, n. 2, p. 109-122, 1981.

BAIANI, S. Near zero energy historic building. Tools and criteria for eco-compatible and eco-efficient conservation. In: International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014. ISBN: 978-84-617-3440-5

BAKER, P.; CALEDONIAN, G.; SCOTLAND, H. **U values and traditional buildings**. Glasgow, 2011.

BARRETO, Paulo Tedim. Casas de Câmara e Cadeia. In: IPHAN. **Arquitetura Oficial I**. São Paulo: FAUUSP, MEC-IPHAN, 1978.

BRAGA, A.C.; FALCÃO, F.A.R. **Guia de Urbanismo, Arquitetura e Arte de Brasília**. Fundação Athos Bulcão, 1997.

BRASIL. **Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 2**, de 4 de junho de 2014.

_____. Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Brasília, 2005.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº372 de 2010 com alterações das portarias: nº 17 de 2012 e nº 299 de 2013. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Brasília, 2010a.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº50 de 2013. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Residencial, Comercial, de Serviço e Público (RAC-C)**. Brasília, 2010b.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas**. Brasília, 2012.

BROSTRÖM, T.; ERIKSSON, P.; LIU, L.; ROHDIN, P.; STÅHL, F.; MOSHFEGH, B. A Method to Assess the Potential for and Consequences of Energy Retrofits in Swedish Historic Buildings, **The Historic Environment: Policy & Practice**, v. 5, p. 150–166. 2014.

BROWNE, D. **The SPAB hygrothermal modelling**: interim report, the SPAB research report 3. London, oct. 2012.

BUZAID, Alfredo. **Da atuação do Ministério no Governo Médici**: Relatório de 1969 a 1974. Brasília: Ministério da Justiça, 1974.

CABREIRA, C. V.; SALGADO, M. S.; BARROSO-KRAUSE, C. M. L.; RIBEIRO, R. T. M. Impacto do projeto de climatização na reabilitação de edificações históricas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 6, n.1, p. 53-62, mai. 2011.

CARSALADE, F. L. **A pedra e o tempo**: arquitetura como patrimônio cultural. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 639 p.

_____. A preservação do patrimônio como construção cultural. **Arquitextos**, São Paulo, 139-03, ano 12, dez. 2011. Não paginado.

Conselho de Arquitetura e Urbanismo – CAU. **Ache um arquiteto e urbanista**. Disponível em: <<https://acheumarquiteto.caubr.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. **Guia de medição e cálculo para refletância e absortância solar em superfícies opacas**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2015, v.1, p.13-14.

CHANGEWORKS. **Energy Heritage** – A guide to improving energy efficiency in traditional an historic homes. Changeworks Resources for life, 2008.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geografica**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CHAIM, M. M. **Sociedade colonial**: Goiás 1749-1822. 2. ed. Goiânia: Secretaria de Cultura de Goiás, 1987.

CINTURA, E. Brasília 1963 – Milano 1970. Analisi e Ipotesi di riqualificazione energética di due edifici de Oscar Niemeyer. 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Corso di Laurea in Ingegneria Edile - Architettura) - Scuola di Ingegneria e Architettura, Università di Bologna, 2016.

COELHO, Cristina. O projeto de intervenção em bens culturais imóveis. In: BRAGA, Márcia. **Conservação e Restauro** - arquitetura brasileira. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Rio, 2003. v. 1. 129p

COELHO, Gustavo Neiva. **Guia de bens imóveis tombados em Goiás – Vila Boa**. Goiânia: Trilha Urbana, 2001a. v.1; 116p. il.

_____. **O espaço urbano em Vila Boa**. Goiânia: UCG, 2001b.

CÓIAS, V. **Inspecções e ensaios na reabilitação de edifícios**. Lisboa: IST Press, 2009.

COSTA. Lucio. **Brasília revisitada, 1985/87**: complementação, preservação, adensamento e expansão urbana. Anexo I do Decreto nº 10.829/1987 - GDF e da Portaria nº 314/1992 – Iphan. 1985-87.

CUNHA, Cláudia dos Reis e. **Restauração: Diálogos entre teoria e prática no Brasil nas experiências do IPHAN**. 2010. 171 f. **Tese** (Doutorado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CURY, Isabelle (Org.). **Cartas patrimoniais**. 3. ed. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004.

DOMINGO-IRIGOYEN, S.; GUTIÉRREZ, A. S.; BARRIO, A. M.; MARTÍNEZ, P. G. Methodology for diagnosis of real condition of a listed building envelope for its refurbishment. In: PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, 2013, Munich. **Proceedings...** Germany, 2013.

DORNELLES, K. A., RORIZ, M. Métodos alternativos para identificar a absorvância solar de superfícies opacas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 109-127, jul./set. 2007.

ENGLISH HERITAGE. **Energy efficiency and historic buildings** – application of part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings. English Heritage, 2010.

ERIKSSON, P.; HERMANN, C.; HRABOVSKY-HORVÁTH, S.; RODWELL, D. EFFESUS Methodology for assessing the impacts of energy-related retrofit measures on heritage significance. **The Historic Environment**, v. 5, n. 2, p. 132–49, 2014.

ESTEVEES, A. P.; LOMARDO, L. L. B. O *retrofit* de edificações tombadas: possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB. In: 8º DOCOMOMO Cidade Moderna e Contemporânea: Síntese e Paradoxo das Artes, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009.

EUROPEAN NORMS – **EN 16883**: Conservation of cultural heritage. Guidelines for improving the energy performance of historic buildings. 2017.

FCC - Fundação Catarinense de Cultura; IPUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.

Roteiro: Elaboração de projeto de restauro. Florianópolis, 2005.

FEILDEN, B. M. **Conservation of Historic Buildings**. 3.ed. Oxford: Architectural Press (Elsevier), 2003.

FERREIRA, C. C.; SOUZA, H. A.; ASSIS, E. S. Estudo do clima brasileiro: reflexão sobre a adaptação climática e recomendações arquitetônicas e construtivas para edificações residenciais. In: XV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014. p. 429-438.

FICCO, G.; IANNETTA, F.; IANNIELLO, E.; D’AMBROSIO ALFANO, F.R.; DELL’ISOLA, M. U-value in situ measurement for energy diagnosis of existing buildings, **Energy and Buildings**, v. 104, p. 108–121, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.071>.

FIGUEIREDO, A. **Artes Plásticas no Centro – Oeste**. Cuiabá: Edições UFMT/MACP, 1979.

FRANCO, G.; MAGRINI, A.; CARTESEGNAC, M.; GUERRINIA, M. Towards a systematic approach for energy refurbishment of historical buildings. The case study of Albergo dei Poveri in Genoa, Italy. **Energy and Buildings**, v. 95, p.153-159, 2015.

FREY, Patrice J. Measuring Up: the performance of historic buildings under the LEED-NC green building rating system. 2007. 169 f. **Thesis**. (Master of science in historic preservation) – Faculties of the University of Pennsylvania, 2007.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FUNDAÇÃO CULTURAL PEDRO LUDOVICO TEIXEIRA. Dossiê de Goiás: proposição de inscrição da Cidade de Goiás na lista do Patrimônio da Humanidade. [CD-ROM]. IPHAN/Minc. 1999. Dossiê – Proposição de inscrição da cidade de Goiás na lista do patrimônio mundial. 1999.

GALVÃO JÚNIOR, José Leme. **Antiga Casa de Câmara e Cadeia da cidade de Goiás**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br>>. Acesso em: dez. 2018.

GASPAR, K.; CASALS, M.; GANGOLELLS, M. A comparison of standardized calculation methods for in situ measurements of façades U-value. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 592–599, 2016.

GBC – Green Building Council Italia (GBC Italia). **GBC Historic Building**. Disponível em: <http://www.gbcialia.org/web/guest/historic-building>. Acesso em: 05 jun. 2017.

GIANCOLA, E.; HERAS, M. R. Energy efficiency and buildings with heritage values: reflection, conflicts and solutions. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY EFFICIENCY AND HISTORIC BUILDINGS*, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014. ISBN: 978-84-617-3440-5

GOMES, A. F.; AMORIM, C. N. D. Panorama nacional das edificações públicas federais com foco em etiquetagem de eficiência energética: oportunidades e desafios. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: Associação Nacional do Ambiente Construído (ANTAC), 2016. v. 1. p. 2028-2049.

GONZÁLEZ-AGUILERA D, LAGÜELA S, RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ P, HERNÁNDEZ-LÓPEZ D. Image-based thermographic modeling for assessing energy efficiency of buildings facades. **Energy and Buildings**, v. 65, p. 29–36, 2013.

GRILLO, José Carlos Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno: O caso do Palácio do Itamaraty**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

GUIMARÃES, Mariana Emidio. Uma análise para retrofit da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont – Rio de Janeiro. 2017. 143f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

HEATH, N. Sustainable refurbishment of historic buildings: Risks, solutions and best practice. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY EFFICIENCY AND HISTORIC BUILDINGS*, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014. ISBN: 978-84-617-3440-5

HERMANN, C.; RODWELL, D. Heritage significance assessments to evaluate retrofit impacts: from heritage values to character-defining elements in praxis. In **How to assess built heritage? Assumptions, Methodologies, Examples of Heritage Assessment Systems**. Szmygin, B., Ed.; ICOMOS: Florence-Lublin, Italy, 2015; p. 169–190. ISBN 978-83-940280-3-9.

HUKSEFLUX. **Radiação Solar/ Fluxo de Calor/ Condutividade Térmica**. Disponível em: <http://www.jytech.com/pdf/HF/LP02-LI19_v1302.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

IEA – International Energy Agency. **Key World Energy Statistics**. Paris: OECD/IEA, 2017.

IEA – Internacional Energy Agency, SHC – Solar Heating & Cooling Program. **SHC TASK 59 - Renovating historic buildings towards zero energy**. Disponível em: <<http://task59.iea-shc.org/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Programa Brasileiro de Etiquetagem Eficiência Energética – PBE, Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ENCE, Selo PROCEL de Economia de Energia – Critérios 2017. **Condicionadores de ar split cassete com rotação fixa monofásicos**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_cassete_indice-novo.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso: 2018-2019.

INSTRUTHERM. **Catálogos e ferramentas**. Disponível em: <<http://catalogo.tecnoferramentas.com.br/produtos.2018/instrutherm/datalogger/datalogger-de-temperatura-e-umidade-ht500>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional. **Bens tombados**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do?id=17740&sigla=Institucional&retorno=paginaInstitucional> . Acesso em: 05 set. 2014.

_____. **Bens Tombados**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>>. Acesso em: 24 nov. 2019.

_____. **Bens tombados e processos de tombamento em andamento (atualização: 25.11.2016)**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/2016-11-25_Lista_Bens_Tombados.pdf . Acesso em: 21 dez. 2016.

_____. **Museu das Bandeiras**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br>>. Acesso em: dez. 2018.

_____. **Plano Piloto 50 anos: cartilha de preservação - Brasília**. – Brasília, DF : IPHAN / 15ª Superintendência Regional, 2007. 103 p. : il. ; 16 cm.

_____. **Portaria nº314**, de 08 de outubro de 1992.

_____. Superintendência do Iphan no Distrito Federal. **Palácio da Justiça: Inventário de Bens Arquitetônicos**. Brasília, 2013.

_____. Superintendência do Iphan no Distrito Federal. **Palácio do Itamaraty**: inventário de bens arquitetônicos. Brasília, 2008.

_____. Superintendência do Iphan no Distrito Federal. **Portaria nº 166/2016**. Conjunto urbanístico de Brasília: complementação e detalhamento da Portaria nº 314/1992. Brasília, mai. 2016.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 6781**. Thermal Insulation. Qualitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes. Infrared method. Geneva, Switzerland, 1983.

_____. **ISO 6946**. Building Components and Building Elements. Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Calculation Method. Geneva, Switzerland, 2007.

_____. **ISO 9869-1**. Thermal Insulation. Building Elements. In-situ Measurement of Thermal Resistance and Thermal Transmittance. Part 1: Heat Flow Meter Method. I. Geneva, Switzerland, 2014.

KAROGLOU, M.; BAKOLAS, A.; KOULOUMBI, N.; MOROPOULOU, A. Reverse engineering methodology for studying historic buildings coatings: The case study of the Hellenic Parliament neoclassical building. **Progress in Organic Coatings**, v. 72, p. 202-209, 2011.

KNOP, S. **Comportamento termoenergético de edificação histórica com novo uso na cidade de Pelotas**: o caso do casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura. 2012. 142f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

KÜHL, B. M. Cesare Brandi e a teoria da restauração. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo, v. 21, p. 198-211, jun. 2007.

KÜHL, Beatriz Mugayar. Desconstruindo os preconceitos contra a restauração. **Revista Restauero**, v. 1, p. 1-9, 2016.

_____. Notas sobre a Carta de Veneza. **Anais do Museu Paulista (Impresso)**, v. 18, p. 193-227, 2010

_____. **Os restauradores e o pensamento de Camillo Boito sobre a restauração**. In: BOITO, Camillo. Os restauradores: conferência feita na exposição de Turim em 7 de junho de 1884. 3. ed. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2008.

_____.Restauração Hoje: Método, Projeto e Criatividade. In: Desígnio – Revista de História da Arquitetura e do Urbanismo, n. 6, São Paulo, set. 2006. p. 19-33.

KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A.; CHRISTOU, P.; KALOGIROU, S. A. Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: a review. **Applied Energy**, v.134, p. 531–549, 2014.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos INMET 2016**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Web Prescritivo**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

LAGÜELA, S.; DIAZ-VILARIÑO, L.; MARTÍNEZ, J.; ARMESTO, J. Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes. **Automation in Construction**, v. 31, p. 230-240, maio 2013. DOI: 10.1016/j. autcon.2012.12.013.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. Apostila do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: ProLivros, 2004.

LEMOS, C. A. C. **O que é patrimônio histórico**. Coleção Primeiros Passos. Editora: Brasiliense, 2006.

LIMA CARLOS, C. A. S. Entre conservação e espetáculo. In: RIBEIRO, R. T. M.; NÓBREGA, C. C. L. (Org.). **Projeto e patrimônio: reflexões e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Book's, 2016. p. 95-126.

LIMA, Elder Rocha. **Guia afetivo da cidade de Goiás**. Goiás: Iphan, Ministério da Cultura, Governo Federal, 2008.

LIRA, F. B. Patrimônio cultural e autenticidade: montagem de um sistema de indicadores para o monitoramento. 2009. 247f. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

LITTI, G. et al. Hygrothermal performance evaluation of traditional brick masonry in historic buildings, **Energy and Buildings**, v. 105, p.393-411, 2015.

LUCCHI, E.; BOARIN, P.; ZUPPIROLI, M. GBC Historic Building®: a new certification tool for orienting and assessing environmental sustainability and energy efficiency of historic buildings. In: Second International Conference on Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings - EECHB, 2016, Brussels. **Proceedings...** Brussels: Flanders Heritage Agency, 2016. p. 250-256.

MACHADO, J. J. M. Retrofit energético em edifícios de interesse histórico estudos de casos: edifícios modernistas em Natal. 2014. 148 f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014. p.122-128

MADEIRA, Fernando; VALIO, Walter Vilhena. **Nova carta à cidade de Goiás**. Brasília, DF: Iphan 14ª Superintendência Regional, 2007.

MARTÍNEZ-MOLINA, A.; TORT-AUSINA, I.; CHO, S.; VIVANCOS, J. L. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 70–85, 2016.

MAZZARELLA, Livio. Energy retrofit of historic and existing buildings. The legislative and regulatory point of view. **Energy and Buildings**, v. 95, p. 23–31, 2015.

MEC – Ministério da Educação. **Sistema E-mec**. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

MENDES, Manoel. **O Cerrado de Casaca**. Brasília: Thesaurus, 1995.

MENDONÇA, A. M. Caracterização do estoque de edificações históricas de uso institucional ou público localizadas em Florianópolis com relação ao consumo de eletricidade. 2014. 220 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MILONE, D.; PERI, G.; PITRUZZELLA, S.; RIZZO, G. Are the best available technologies the only viable for energy interventions in historical buildings? **Energy and Buildings**, v. 95, p. 39–46, 2015.

MOREIRA, A. L. A. A estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de estratégia de manutenção. 2007. 164p. **Dissertação** (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, Brasília, 2007.

MURTINHO, Waldimir do Amaral. **Depoimento – Programa de História Oral**. Brasília: Arquivo Público do DF, 1990.

NICOLETTI, A. M. A. Eficiência energética em um ministério da Esplanada em Brasília: propostas para *retrofit* de envoltória. 2009. 214 f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009

NIEA – Northern Ireland Environment Agency. **Historic Buildings & Energy Efficiency** – A Guide to Part F of the Northern Ireland Building Regulations 2006. NIEA, 2006.

PALACÍN, Luis. **O século do ouro em Goiás (1722-1822):** estrutura e conjuntura numa capitania de minas. Goiânia: UCG, 2001.

PETIT, Jean. Niemeyer. **Poeta da arquitetura**. Lugano: Fidia Edizioni d'Arte, 1995.

PIDERIT, María Beatriz; AGURTO Susan; MARÍN-RESTREPO, Laura. Reconciling Energy and Heritage: Retrofit of Heritage Buildings in Contexts of Energy Vulnerability, **Sustainability**, v. 11, p. 1-20, 2019, doi:10.3390/su11030823

POLO LOPEZ, C.; FRONTINI, F.; FERRAZZO, M.; JEAN, G.; KAEHR, P.; GENERELLI, M.; GAMBATO, C.; ZANETTI, I. **Optimization of energy interventions in buildings of historical-architectonical value**. SUPSI: Lugano/Canobbio, Switzerland, 2012.

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Dados climáticos – Estratégias bioclimáticas**. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br>. Acesso: 02 nov. 2017.

PUPPI, Leonardo. **A arquitetura de Oscar Niemeyer**. Rio de Janeiro: Revan, 1988.

RASOOLI, A.; ITARD, L.; FERREIRA, C. I. A response factor-based method for the rapid in-situ determination of wall's thermal resistance in existing buildings. **Energy and Buildings**, v. 119, p. 51–61, 2016.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **Evolução urbana do Brasil**. São Paulo: Pioneira/ Edusp, 1969.

RHEE-DUVERNE, S.; BAKER, P. **Research into the thermal performance of traditional brick walls**. London: English Heritage Report, 2013.

RIBEIRO, R. T. M. Projeto de intervenção. In: RIBEIRO, R. T. M.; NÓBREGA, C. C. L. (Org.). **Projeto e patrimônio: reflexões e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Book's, 2016. p. 13-34.

ROBERTI, Francesca; OBEREGGER, Ulrich Filippi; LUCCHI, Elena; TROI, Alexandra. Energy retrofit and conservation of a historic building using multi-objective optimization and an analytic hierarchy process. **Energy and Buildings**, v. 138, p. 1–10, 2017.

_____. Energy retrofit and conservation of built heritage using multi-objective optimization: demonstration on a medieval building. In: Building Simulation Application – BSA, 2015, Italy. **Proceedings...** Bolzano: IBPSA-Italy, 2015. p.189-197.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Manole, 2012.

RUSKIN, J. **A Lâmpada da Memória**. São Paulo: Atelier Editorial, 2008.

RYE, C.; SCOTT, C. **The SPAB Research Report 1 e U-Value Report**. Published 2010 and revised. London: SPAB, nov. 2012.

SÁNCHEZ VILLANUEVA, C. et al. Integrated mobile system for building energy rehabilitation: 3D laser, termography, photography, environmental sensors and BIM. In: International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, ISBN: 978-84-617-3440-5

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierachy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p.9-26, 1990.

SILVA, Roberto Toffoli Simoens da. Preservação e sustentabilidade: restaurações e *retrofits*. 2013. 112f. **Dissertação** (Mestrado em Projeto de Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVEIRA, D. T. CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E. (Org.); SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. v. 1. 118p.

SOUTULLO, S.; ENRIQUEZ, R.; FERRER, J. A.; HERAS, M. R. Historic building energy assessment by means of simulation techniques. In: International Conference on Energy Efficiency and Historic Buildings, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014. ISBN: 978-84-617-3440-5

SRU – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense. **Reabilitação de Edifícios do Centro Histórico do Porto**: Guias de Termos de Referência para o Desempenho Energético-ambiental. Março, 2010. Disponível em: http://www.portovivosru.pt/Guia_Termos_Referencia.pdf. Acesso em: 06 de setembro de 2014.

TORT-AUSINA, I.; MARTINEZ-MOLINA, A.; VIVANCOS, J.L. A review of papers in buildings from the energetic perspective. In: International Conference on Energy Efficiency and Historic

Buildings, 2014, Madrid. **Proceedings...** Madrid: Fundación de Casas Históricas y Singulares y Fundación Ars Civilis, 2014. ISBN: 978-84-617-3440-5

VERNIER. **Alta II - Reflectance Spectrometer**. Disponível em:

<<https://www.vernier.com/products/sensors/Spectrometers/Alta/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

VIEIRA, Natália Miranda; MARANHÃO, Haroldo; VIEIRA, Monique Lessa. Práticas Intervencionistas no patrimônio arquitetônico do Rio Grande do Norte: da reconstrução mimética a uma abordagem crítica. In: VI PROJETAR: O projeto como Instrumento para a Materialização da Arquitetura: ensino, pesquisa e prática, 2013, Salvador. **Anais...** Salvador, 2013.

VIEIRA, Monique Lessa; GOES, Gérsica Gonçalves. Projeto de Intervenção no Patrimônio arquitetônico: Uma Análise do Manual de Elaboração de Projetos/Programa Monumenta. III ENANPARQ - Arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2014.

VIOLLET-LE-DUC, Eugène Emmanuel. **Restauração**. São Paulo: Atelier Editorial, 2000.

WALKER, R.; PAVÍA, S. Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. **Building and Environment**, v. 94, p. 155-165, 2015.

WEBB, A.L. Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, p. 748–759, 2017.

ZHOU P., ANG B.W., POH K. L. Decision analysis in energy and environmental modeling: an update. **Energy**, v.31, p. 2604–22, 2006.

APÊNDICE A – Aspectos do edifício a serem observados durante a visita *in situ*

Edifício: _____ Pavimento/ambiente _____

Data: _____ Responsável: _____

Envoltória opaca	Cobertura	tipo da telha	
		material da estrutura do telhado	
	Parede	tipo da parede externa	
		tipo do revestimento externo	
		cor do revestimento externo	
		tipo do revestimento interno	
		cor do revestimento interno	
		espessura da parede externa	
		espessura das camadas, se houver	
tipo de estrutura da parede			
Envoltória translúcida	Vidro	tipo de vidro	
		cor do vidro	
		espessura do vidro	
		tipo de película, se houver	
		altura	
		comprimento	
Ambiente interno	Dimensões dos ambientes	altura (pé direito)	
		largura	
		comprimento	
	Divisórias verticais internas	tipo de divisória entre os ambientes	
		revestimento da divisória	
		cor da divisória	
	Piso	tipo de piso	
		cor do piso	
		tipo de laje ou estrutura do piso	
		espessura da laje ou estrutura	
	Teto	revestimento do teto	
		cor do teto	
		tipo do forro, se houver	
		cor do forro, se houver	
		tipo de laje, se houver	
espessura da laje			
Rotina de ocupação	quantidade de pessoas por ambiente		
	horário de funcionamento		
	função do ambiente		

Sistema de iluminação	tipo de desligamento das lâmpadas (manual, automático, sensor de presença)	
	há contribuição da luz natural?	
	há divisão de circuitos (iluminação, tomadas, ar condicionado)?	
Sistema de ar condicionado	tipo de ar condicionado	
	classificação da etiqueta	
	capacidade (BTU/h)	
	eficiência [W/W]	
	tem isolamento de tubulações?	
Outros	A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final?	
	possui sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água?	
	possui sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água)?	
	possui sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica)?	
	possui sistemas de cogeração de energia e inovações técnicas ou de sistemas?	
	possui elevadores?	
	qual a classificação VDI 4707 do elevador?	

Fonte: A autora.

APÊNDICE B – Formulário de levantamento de luminárias, lâmpadas e de equipamentos elétricos

Edifício: _____ Pavimento/ambiente _____ Data: _____ Responsável: _____

Ambiente	Luminária		Lâmpada			Equipamentos elétricos		Uso do ambiente	Número de pessoas
	Tipo	Quantidade	Tipo	Potência	Quantidade	Tipo	Quantidade		

Fonte: A autora.

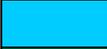
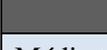
APÊNDICE C – Formulário de registro de micro voltagens do espectrômetro para obtenção da absortância térmica

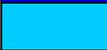
Edifício: _____ Ambiente: _____

Data: _____ Responsável: _____

AMOSTRA DE CONTROLE/ REFERÊNCIA				
Dark Voltage:		(Apenas uma medição ao estabilizar)		
Comprimento de Onda	1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média
Blue 470				
Cyan 525				
Green 560				
Yellow 585				
Orange 600				
Red 645				
Deep red 700				
IR1 735				
IR2 810				
IR3 880				
IR4 940				
Média total do material				

PISO				
Dark Voltage:		(Apenas uma medição ao estabilizar)		
Comprimento de Onda	1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média
Blue 470				
Cyan 525				
Green 560				
Yellow 585				
Orange 600				
Red 645				
Deep red 700				
IR1 735				
IR2 810				
IR3 880				
IR4 940				
Média total do material				

PAREDE					
Dark Voltage:		(Apenas uma medição ao estabilizar)			
Comprimento de Onda		1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média
 Blue 470					
 Cyan 525					
 Green 560					
 Yellow 585					
 Orange 600					
 Red 645					
 Deep red 700					
 IR1 735					
 IR2 810					
 IR3 880					
 IR4 940					
Média total do material					

TETO					
Dark Voltage:		(Apenas uma medição ao estabilizar)			
Comprimento de Onda		1ª medição	2ª medição	3ª medição	Média
 Blue 470					
 Cyan 525					
 Green 560					
 Yellow 585					
 Orange 600					
 Red 645					
 Deep red 700					
 IR1 735					
 IR2 810					
 IR3 880					
 IR4 940					
Média total do material					

Fonte: A autora.

APÊNDICE D – Questionário de avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura colonial

ARQUITETURA COLONIAL						
<i>(Considerando que todos os componentes são característicos da arquitetura colonial)</i>						
Comparar o componente construtivo da coluna em relação aos componentes construtivos da linha selecionando o grau de importância nas células verdes						
Qual importância de cada componente construtivo?						
	A janela tem:	As paredes externas têm:		A cobertura tem:	As paredes internas têm:	O teto tem:
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
Janela	← importância igual					
Paredes Externas	← SELECIONE:	← importância igual				
	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← importância igual			
Cobertura	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← importância igual		
Paredes Internas	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← importância igual	
Teto	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← SELECIONE:	← importância igual

Fonte: A autora.

APÊNDICE E – Questionário de avaliação do grau de importância de cada componente construtivo da arquitetura moderna

ARQUITETURA MODERNA						
<i>(Considerando que todos os componentes são característicos do estilo moderno)</i>						
<i>Comparar o componente construtivo da coluna em relação aos componentes construtivos da linha selecionando o grau de importância nas células roxas</i>						
Qual importância de cada componente construtivo?						
	A janela tem:	As paredes externas têm:		A cobertura tem:	As paredes internas têm:	O teto tem:
		Superfície Exterior	Superfície Interior			
Janela	← importância igual					
Paredes Externas	Superfície Exterior	← SELECIONE: ← importância igual				
	Superfície Interior	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← importância igual				
Cobertura	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← importância igual					
Paredes Internas	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← importância igual					
Teto	← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← SELECIONE: ← importância igual					

Fonte: A autora.

APÊNDICE F – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Museu das Bandeiras

Avaliação de estratégias de retrofit energético para envoltória de edifícios históricos coloniais

Selecione uma alternativa para a avaliação do grau de impacto de cada estratégia de intervenção conforme análises propostas

Estratégias de Intervenção		Museu das Bandeiras		
<p><i>Clique nos conceitos para ver as definições</i></p> <p>Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos [1]</p> <p>Análise Histórica/Estética [2]</p> <p>Análise do Espaço Envolvente [3]</p> <p>IR PARA A DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO</p>		<p>Goias - GO</p> 		
<p>1</p> <p>Película Incolor (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>2</p> <p>Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>3</p> <p>Vidro com camada de baixa reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Neutral 70 (CE))</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>4</p> <p>Vidro com camada de alta reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Silver 10 (CE))</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>5</p> <p>Telha termoacústica acabamento na cor branca (duas telhas metálicas com núcleo em PU de 4 cm)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>6</p> <p>Telha cerâmica colonial na cor marfim</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>7</p> <p>Manta térmica de PU de 4 cm sob telha cerâmica</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:

MUSEU DAS BANDEIRAS

Tipologia: arquitetura oficial

Uso original: Casa de Câmara e Cadeia

Uso atual: Museu das Bandeiras

Época da construção: 1766

Número de pavimentos: 2 , pavimento térreo e superior

Altura da fachada: 11,45 metros (sem alicerce e com o telhado)

Largura: 33,50 m

Profundidade: 15,05 m

Cobertura: telhado 4 águas com telha cerâmica.

Fechamento vertical: Paredes externas e internas são de taipade pilão, entremeadas com pedras. Esquadrias em madeira e vidro simples. Portas e janelas de abrir.

Estrutura: Paredes em taipade pilão, estrutura da cobertura em madeira, alicerce de alvenaria de pedra.

FOTOS

Fachada Norte



Fachada Sul



Fachada Leste



Fachada Oeste



Fonte: A autora.

ENTORNO





Fonte: A autora.

BREVE HISTÓRICO

A antiga Casa de Câmara e Cadeia, atual Museu das Bandeiras, foi edificada entre 1761 e 1766, no Largo do Chafariz, a partir de um projeto da Coroa Portuguesa. O Largo do Chafariz abrigava também o Quartel do Batalhão de Infantaria, o Pelourinho e o Chafariz da Boa Morte, respeitáveis espaços de poder do núcleo da vila. Importante exemplo da arquitetura oficial civil portuguesa no Brasil o edifício se destaca em razão de seu porte monumental e por apresentar características eruditas.

A parte superior do edifício era destinado Câmara e os salões que atendiam as necessidades administrativas e judiciárias da Vila Boa de Goiás. Na sua parte inferior situava-se a cadeia, com duas enxovias, as celas individuais e a casa de armas.

Em 1950, com a transferência da cadeia para outro local, o edifício foi doado ao Departamento de Patrimônio Histórico e Artístico que fundou, em 1954, o Museu das Bandeiras. Seu acervo inicial se constituiu através do arquivo documental da Fazenda Pública da Província de Goiás e do próprio edifício.

Atualmente, o acervo é composto por aproximadamente 500 peças, incluindo objetos de arte sacra, mobiliário, vestuário, armamentos e utensílios domésticos, equipamentos, pradarias e outros objetos dos séculos XVIII, XIX e XX adquiridos pelo Museu ou por doações. Contemplado pelo Programa Monumenta, do Ministério da Cultura, o edifício passou por importantes reformas no início dos anos 2000.

Fonte: <<http://sicg.iphan.gov.br/sicg/bem/visualizar/515#&panel1-9>>

RETORNAR AO FORMULÁRIO

Fonte: A autora.

APÊNDICE G – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação da Secretaria da Fazenda

Avaliação de estratégias de retrofit energético para envoltória de edifícios históricos coloniais

Selecione uma alternativa para a avaliação do grau de impacto de cada estratégia de intervenção conforme análises propostas

Estratégias de Intervenção		Secretaria da Fazenda		
<p><i>Clique nos conceitos para ver as definições</i></p> <p>Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos [1]</p> <p>Análise Histórica/Estética [2]</p> <p>Análise do Espaço Envolvente [3]</p> <p>IR PARA A DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO</p>		<p>GoIás - GO</p> 		
<p>1</p> <p>Película Incolor (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>2</p> <p>Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>3</p> <p>Vidro com camada de baixa reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Neutral 70 (CE))</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>4</p> <p>Vidro com camada de alta reflexão (vidro ExtraClear 3 mm com camada SunGuard® HD Silver 10 (CE))</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>5</p> <p>Telha termoacústica acabamento na cor branca (duas telhas metálicas com núcleo em PU de 4 cm)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>6</p> <p>Telha cerâmica colonial na cor marfim</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:
<p>7</p> <p>Manta térmica de PU de 4 cm sob telha cerâmica</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço envolvente:

SECRETARIA DA FAZENDA

Tipologia: arquitetura oficial

Uso original: Sobrado Real Fazenda

Uso atual: Secretaria da Fazenda

Época da construção: 1771 a 1773

Número de pavimentos: 2 , térreo e superior.

Altura aproximada: 10,5 metros

Largura: 21,90 m

Profundidade: 14,76 m

Cobertura: telhado de 4 águas com telha cerâmica.

Fechamento vertical: paredes em taipa de pilão com esquadrias de madeira e vidro transparente simples 3mm, janelas e portas de abrir.

Estrutura: Paredes de taipa de pilão, laje entre pisos de estrutura metálica, estrutura da cobertura metálica, alicerce de alvenaria de pedra. Na reforma de 1997, as paredes internas foram demolidas, com exceção das estruturais, e a estrutura da cobertura de madeira foi substituída por metálica.

FOTOS

Facha Norte



Fachada Sul



Fachada Leste



Fachada Oeste



Fonte: A autora.

ENTORNO





Fonte: A autora.

BREVE HISTÓRICO

O antigo Sobrado da Real Fazenda, atual Secretaria da Fazenda, foi construído entre 1771 e 1773 em volta do Largo da Matriz, mais conhecida como Praça do Coreto na cidade de Goiás, sendo um dos seus espaços urbanos de maior representatividade histórica.

A edificação possui paredes externas de taipa de pilão, paredes internas em taipa de mão e adobe. O telhado era aparente, os pisos eram em tabuado largo e os forros de saia e camisa. Destaca-se pela sacada no piso superior, seu portal de pedra e sua sala-forte com pranchões reforçados de madeiras, onde se guardava o tesouro do estado. No pavimento superior todas as janelas eram de balcão, sendo a central situada sobre a porta principal, que possui balcão com grade de ferro fundido sustentado por elementos decorativos.

Na terceira década do século XX (1932 a 1934), o edifício passou por uma reforma quando recebeu uma série de elementos neoclássicos em sua fachada, tendo inclusive o beiral sido substituído por platibanda e cimbalhas sendo retirados os balcões, menos o da porta principal.

O Sobrado Real Fazenda foi utilizado para abrigar diversas instituições: Departamento de Correios e Telégrafos, Receita Federal e Secretaria da Fazenda e pela Ação Social do Município. No entanto, o edifício ficou desocupado por alguns anos causando-lhe danos gravíssimos.

Em 1997, foram iniciadas as obras de adequação do sobrado para abrigar o Arquivo Histórico Regional de Goiás. Suas paredes foram todas estabilizadas e as fundações revisadas. Foi demolida toda a estrutura do telhado e paredes internas do piso superior, ficando somente aqueles que estruturam a construção. A adequação incluía o uso de estrutura metálica de piso e cobertura, e a escada antes de madeira foi substituída por uma metálica.

Em 1999, foi cedido para o Governo do Estado de Goiás para uso da Secretaria da Fazenda que prosseguiu com o processo de adequação, chegando ao término das obras em 2001.

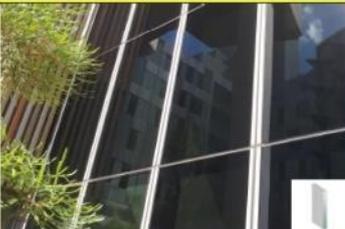
[RETORNAR AO FORMULÁRIO](#)

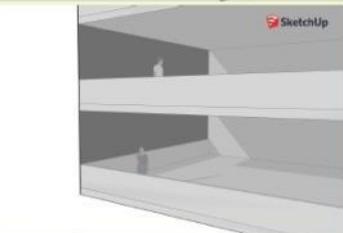
Fonte: A autora.

APÊNDICE H – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Palácio do Itamaraty

Avaliação de estratégias de retrofit energético para envoltória de edifícios históricos modernos

Selecione uma alternativa para a avaliação do grau de impacto de cada estratégia de intervenção conforme análises propostas

Estratégias de Intervenção		Palácio Itamaraty		
<p><i>Clique nos conceitos para ver as definições</i></p> <p>Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos [1]</p> <p>Análise Histórica/Estética [2]</p> <p>Análise do Espaço Envolvente [3]</p> <p>IR PARA A DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO</p>		<p>Brasília - DF</p> 		
<p>1</p> <p>Película 3M Prestige 40 - (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>2</p> <p>Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>3</p> <p>Vidro insulado - "Neutral" (vidro ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE) + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>4</p> <p>Vidro insulado - "Silver Grey" (vidro ExtraClear 6 mm com camada + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm com camada, camada SunGuard® HP Solar Silver Grey 32 (CE)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>5</p> <p>Fachada dupla de vidro - "Neutral" + vidro existente (Vidro laminado UltraClear 6 mm, PVB, ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE)+ camada de ar 40 mm + vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>6</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:

<p>Marquise em chapa metálica acabamento alumínio natural fosco</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>7</p> <p>Grelha de brise horizontal cor alumínio natural fosco (comprimento do brise 0,30 m e altura da lâmina 0,36 m)</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>8</p> <p>FA1 FT2 - Peitoril (85 cm de altura) em EPS</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>9</p> <p>Peitoril (85 cm - altura) e bandeira (85 cm - altura) em EPS (9 cm de espessura)</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>10</p> <p>CA1 - Manta asfáltica aluminizada aplicada sobre laje existente</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>11</p> <p>Tinta branca aplicada sobre laje existente</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>12</p> <p>Poliuretano 2 cm aplicado sobre a laje com acabamento em pintura branca</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>

PALÁCIO ITAMARATY

Tipologia: arquitetura oficial

Uso original/uso atual: Ministério de Relações Exteriores

Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer e equipe

Época da construção: 1963 a 1970

Número de pavimentos: 4 , sendo 3 acima e 1 abaixo da rua

Dimensões gerais:

Altura da fachada: aproximadamente 14 metros

Largura: 86 m

Profundidade: 86 m

Cobertura:laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas

Fechamento vertical: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê de 6 mm, janelas de correr na vertical e portas de correr.

Estrutura: concreto armado.

FOTOS

Fachada Norte



Fachada Sul



Fachada Leste



Fachada Oeste



Fotos: A autora.

ENTORNO



Imagens Google Earth (2019)

BREVE HISTÓRICO

O Palácio Itamaraty, sede do Ministério das Relações Exteriores em Brasília, tem sua história diretamente relacionada com o processo de mudança da nova capital do país para Brasília. Segundo os depoimentos de Murtinho (1990), a construção do Ministério das Relações Exteriores seria o elemento catalisador para a consolidação da nova capital, pois impulsionaria o estabelecimento dos demais ministérios, além da vinda do complexo diplomático e embaixadas estrangeiras.

Projetado por Oscar Niemeyer e equipe, na qual se destacaram Joaquim Cardoso, Milton Ramos e Olavo Redig de Campos, chefe do Serviço de Conservação do Patrimônio do Ministério das Relações Exteriores, o Palácio Itamaraty teve sua construção finalizada em 1969. O projeto paisagístico dos jardins foi realizado por Burle Marx. A escultura “Meteteoro”, localizada na fachada frontal da edificação, foi realizada por Bruno Giorgi. E grandes artistas também revestiram as paredes do Palácio como Athos Bulcão, Sérgio de Camargo, Rubem Valentim, Volpi e outros.

O Ministério das Relações Exteriores é composto por três edificações interligadas por passagens, sendo que o prédio principal – Palácio Itamaraty – se destina às dependências de caráter representativo exigidas pelas tradições diplomáticas, o Anexo I é destinado à administração, e o Anexo II, popularmente conhecido como “Bolo de Noiva” abriga a Biblioteca e os Arquivos, o Instituto Rio Branco, a Fundação Alexandre Gusmão e o Setor de Comunicações. O Palácio Itamaraty é composto por quatro pavimentos, sendo um subsolo, e caracteriza-se pela forma peculiar de sua arcada em concreto aparente, pelo volume de planta quadrada recuado da cobertura, fachadas envidraçadas e pelo arcabouço estrutural em concreto armado.

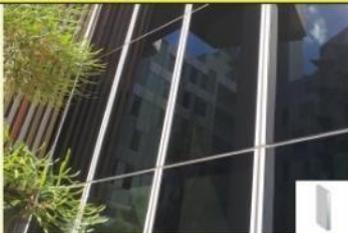
[RETORNAR AO FORMULÁRIO](#)

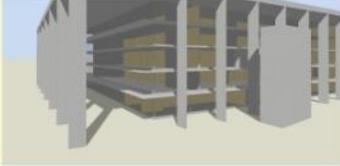
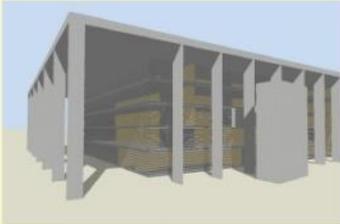
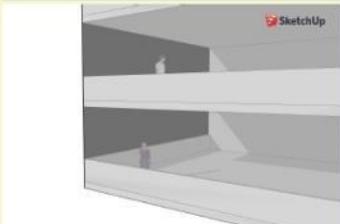
Fonte: A autora.

APÊNDICE I – Questionário de avaliação das estratégias de intervenção de acordo com os critérios de preservação do Palácio da Justiça

Avaliação de estratégias de retrofit energético para envoltória de edifícios históricos modernos

Selecione uma alternativa para a avaliação do grau de impacto de cada estratégia de intervenção conforme análises propostas

Estratégias de Intervenção		Palácio da Justiça		
<p><i>Clique nos conceitos para ver as definições</i></p> <p>Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos [1]</p> <p>Análise Histórica/Estética [2]</p> <p>Análise do Espaço Envolvente [3]</p> <p>IR PARA A DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO</p>		<p>Brasília - DF</p> 		
<p>1</p> <p>Película 3M Prestige 40 - (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>2</p> <p>Película refletiva Verde (a ser aplicada no vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>3</p> <p>Vidro insulado - "Neutral" (vidro ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE) + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>4</p> <p>Vidro insulado - "Silver Grey" (vidro ExtraClear 6 mm com camada + camada de ar 20 mm + vidro ExtraClear 6 mm com camada, camada SunGuard® HP Solar Silver Grey 32 (CE)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>5</p> <p>Fachada dupla de vidro - "Neutral" + vidro existente (Vidro laminado UltraClear 6 mm, PVB, ExtraClear 6 mm com camada SunGuard® HP Neutral 40/60 (CE)+ camada de ar 40 mm + vidro existente)</p>		Materiais/ Sistemas Construtivos:	Histórica/ Estética:	Espaço Envolvente:
<p>6</p>				

<p>Marquise em chapa metálica acabamento alumínio natural fosco</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>7</p> <p>Grelha de brise horizontal cor alumínio natural fosco (comprimento do brise 0,30 m e altura da lâmina 0,36 m)</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>8</p> <p>Peitoril (85 cm de altura) em EPS</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>9</p> <p>Peitoril (85 cm - altura) e bandeira (85 cm - altura) em EPS (9 cm de espessura)</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>10</p> <p>Manta asfáltica aluminizada aplicada sobre laje existente</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>11</p> <p>Tinta branca aplicada sobre laje existente</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>
<p>12</p> <p>Poliuretano 2 cm aplicado sobre a laje com acabamento em pintura branca</p>		<p>Materiais/ Sistemas Construtivos:</p>	<p>Histórica/ Estética:</p>	<p>Espaço Envolvente:</p>

PALÁCIO DA JUSTIÇA

Tipologia: arquitetura oficial

Uso original/uso atual: Palácio da Justiça

Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer e equipe

Época da construção: 1962 a 1972

Número de pavimentos: 6, sendo 5 acima e 1 abaixo da rua

Altura da fachada: 16 metros

Largura: 85 m

Profundidade: 75 m

Cobertura: laje plana tipo caixão perdido com vigas invertidas

Fechamento vertical: panos de vidro composto por esquadrias de alumínio e vidro fumê de 6 mm, janelas de correr na vertical e portas de correr. Estrutura interna das esquadrias em barras de ferro.

Estrutura: concreto armado.

FOTOS

Fachada Norte



Fachada Sul



Fachada Leste



Fachada Oeste



Fotos: A autora.

ENTORNO



Imagens Google Earth (2019)

BREVE HISTÓRICO

O Palácio da Justiça, sede do Ministério da Justiça em Brasília, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer e equipe, compõe o conjunto da Esplanada dos Ministérios, no lado oposto ao Palácio Itamaraty, entretanto, ocupou provisoriamente um andar do Bloco 10 da Esplanada dos Ministérios após a transferência da nova capital para Brasília. Burle Marx projetou o jardim aquático, que fica no espelho d'água abaixo das cascatas, e o jardim de inverno, localizado no terceiro pavimento. E Athos Bulcão teve sua participação no forro acústico do Auditório Tancredo Neves.

Os primeiros estudos de Oscar Niemeyer para o Ministério da Justiça datam de 1961. A sede do Ministério da Justiça teve sua pedra fundamental lançada em 1962, pelo então Ministro da Justiça Alfredo Nasser. A construção iniciou em 1964 e foi finalizada em 1972, entretanto, houve divergências entre o projeto e a execução, o que culminou, em 1985, uma nova recomposição dos arcos da fachada e a retirada do mármore, que Niemeyer julgou não estarem de acordo com o projeto original.

O edifício é constituído por um bloco retangular de 85x75 metros de lados, composto de cinco pavimentos e um subsolo. Inserido em uma época de conceitos modernistas, o edifício se estrutura com elementos de concreto armado, é vedado com alvenaria de tijolo e possuem aberturas com esquadrias metálicas e envidraçadas. O Palácio da Justiça foi definido como “uma forma geométrica retangular e prismática, fortemente marcada pela presença da

[RETORNAR AO FORMULÁRIO](#)

Fonte: A autora.

[1] Autenticidade dos materiais: “implica na manutenção da maior quantidade possível de materiais originais, de modo a evitar falsificações de caráter artístico e histórico.”

Autenticidade dos sistemas construtivos e suas peculiaridades: “evitando o uso de técnica que seja incompatível e descaracterize o sistema existente”.

[2] Autenticidade histórica: “permeia todos os aspectos associados ao Bem, não sendo permitida qualquer intervenção que possa alterar ou falsificar os valores históricos contidos nos materiais, técnicas construtivas, aspectos estéticos e espaciais”.

Autenticidade estética: “respeito às ideias originais que orientaram a concepção inicial do Bem e das alterações introduzidas em todas as épocas, que agregando valores, resultaram numa outra ambiência, também reconhecida pelos seus valores estéticos e históricos”.

[3] Autenticidade do espaço envolvente: “não implica no entendimento do Bem isoladamente e sim no contexto no qual está inserido, considerando os aspectos natural, histórico, quer urbano ou rural”.

Fonte: A autora.

APÊNDICE J – Configurações dos modelos da situação original de cada edificação histórica no *DesignBuilder*

Configurações dos modelos da situação original de cada edificação histórica no *DesignBuilder*.

Configurações no DesignBuilder		Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
Site location	Location template	GOIAS	GOIAS	BRASILIA (AEROPORTO)	BRASILIA (AEROPORTO)
	Latitude	-15,93	-15,93	-15,87	-15,87
	Longitude	- 50,14	- 50,14	- 47,93	- 47,93
	ASHARE climate zone	1 ^a	1A	2A	2A
	Elevation about sea level	513 m	513 m	1060 m	1060 m
	Exposure to Wind	Normal	Normal	Normal	Normal
	Site orientation	175°	88°	18°	18°
	Time zone	(GMT-03:00) Brasilia	(GMT-03:00) Brasilia	(GMT-03:00) Brasilia	(GMT-03:00) Brasilia
	Simulation weather data/ Hourly weather data	BRA_GO_Goias.867120_INMET .epw	BRA_GO_Goias.867120_INMET .epw	BRA_DF_Brasilia.867150_INME T.epw	BRA_DF_Brasilia.867150_INME T.epw
Activity	Category	Libraries/Museums/Galleries	Offices/ Workshop businesses	Offices/ Workshop businesses	Offices/ Workshop businesses
	Activity template	Display and Public areas	Generic Office Area	Generic Office Area	Generic Office Area
	Description	All public circulation areas where people are walking/sitting and where display items are exhibited / available normally using display lighting.	Areas to perform office work including offices and meeting rooms. It can include internal corridors providing access to the office spaces, tea making facilities or kitchennetes within the office space, areas for photocopiers and fax machines and staff lounges.	Areas to perform office work including offices and meeting rooms. It can include internal corridors providing access to the office spaces, tea making facilities or kitchennetes within the office space, areas for photocopiers and fax machines and staff lounges.	Areas to perform office work including offices and meeting rooms. It can include internal corridors providing access to the office spaces, tea making facilities or kitchennetes within the office space, areas for photocopiers and fax machines and staff lounges.
	Zone multiplier	1	1	1	1
	Include zone in thermal and in radiance daylighting calculations	On	On	On	On
	Occupied floor área	830,5 m ²	453,2 m ²	12871,0 m ²	15439,7 m ²

Configurações no DesignBuilder		Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
	Occupied volume	2614,2 m ³	1843,3 m ³	56199,7 m ³	55404,1 m ²
	Unoccupied floor area	131,4 m ²	36,2 m ²	0 m ²	0 m ²
	Unoccupied volume	343,1 m ³	154,7 m ³	0 m ³	0 m ²
	Occupancy density	0,1497 (people/m ²)	0,111 (people/m ²)	0,111 (people/m ²)	0,111 (people/m ²)
	Occupancy time	8:00 on 18:00 off	8:00 on 18:00 off	7:00 on 19:00 off	7:00 on 19:00 off
	Occupancy days/week	5	5	5	5
Construction	External walls	<p>Parede de taipa de pilão 95 cm</p> <p>- Lime sand render: 0,025 m λ: 0,80; c: 1,00; ρ: 1600 (Design Builder)</p> <p>- Soil – earth common: 0,900 m λ: 1,28; c: 0,88; ρ: 1460 (Design Builder)</p> <p>- Lime sand render: 0,025 m λ: 0,80; c: 1,00; ρ: 1600 (Design Builder)</p> <p>α = 0,12; ε = 0,90 (Caiacão nova – NBR 15220 (2005))</p>	<p>Parede de taipa de pilão 90 cm</p> <p>- Lime sand render: 0,025 m λ: 0,80; c: 1,00; ρ: 1600 (Design Builder)</p> <p>- Soil – earth common: 0,850 m λ: 1,28; c: 0,88; ρ: 1460 (Design Builder)</p> <p>- Lime sand render: 0,025 m λ: 0,80; c: 1,00; ρ: 1600 (Design Builder)</p> <p>α = 0,12; ε = 0,90 (Caiacão nova – NBR 15220 (2005))</p>	<p>Parede de 65 cm no 2º pavimento</p> <p>- Reboco com pintura externa cinza: 0,02 m λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Concreto armado: 0,15 m λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Câmara de ar: 0,30 m λ: 0,30; c: 1,00; ρ: 1000 (Air gap >=25 mm – DesignBuilder)</p> <p>- Concreto armado: 0,15 m λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Reboco: 0,02 m λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Vidro: 0,01 m λ: 1,00; c: 0,84; ρ: 2500 (Vidro comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>α = 0,864; (Pintura cinza – RTQ-C (BRASIL, 2010a))</p>	<p>Parede 15 cm - divisa banheiro/pátio interno - 3º, 4º e 5º pavimentos</p> <p>- Mármore branco: 0,02 m λ: 2,00; c: 0,88; ρ: 2500 (Stone - marble, White – Design Builder)</p> <p>- Reboco: 0,02 m λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Tijolo cerâmico: 0,09 m λ: 0,90; c: 0,92; ρ: 1600 (tijolos e cerâmicas de barro – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Reboco: 0,02 m λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Cerâmica: 0,01 m λ: 1,40; c: 0,84; ρ: 2500 (Ceramic, glazed – Design Builder)</p> <p>α = 0,60; ε = 0,90 (Stone - marble, White – Design Builder)</p>

Configurações no DesignBuilder	Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
Roof	<p>Pitched roof (unoccupied)</p> <p>- Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar > 5 cm fluxo descendente+ isolamento térmico + forro de madeira 2 cm</p> <p>RT: 0,56; $\phi = 1,5$; CT: 34,5 (kJ/m²K); U= 1,8 (W/m²K) (PROJETEEEE, 2019)</p> <p>$\alpha = 0,75$; $\epsilon = 0,85$ (Telha cerâmica – NBR 15220 (2005))</p>	<p>Pitched roof (unoccupied)</p> <p>- Telha cerâmica 1 cm + câmara de ar (≥ 1 e ≤ 2) cm fluxo descendente + forro de madeira 2 cm</p> <p>RT:0,50; Φ: 1,4; CT: 34,5 (kJ/m²K); U: 2,0 (W/m²K) (PROJETEEEE, 2019)</p> <p>$\alpha = 0,75$; $\epsilon = 0,85$ (Telha cerâmica – NBR 15220 (2005))</p>	<p>Flat roof</p> <p>- Contrapiso: 0,02 m</p> <p>λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Manta asfáltica: 0,004 m</p> <p>λ: 0,43; c: 0,92; ρ: 1600 (Impermeabilizante, asfalto – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Laje: 0,25 m</p> <p>λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Câmara de ar: 0,87 m</p> <p>Rt: 0,21 (Câmara de ar >5 cm fluxo descendente – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Forro de gesso: 0,02 m</p> <p>λ: 0,35; c: 0,84; ρ: 1000 (Placa de gesso – NBR 15220 (2005))</p> <p>$\alpha = 0,65$; $\epsilon = 0,85$ (Concreto aparente – NBR 15220 (2005))</p>	<p>Flat roof</p> <p>- Contrapiso: 0,02 m</p> <p>λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Manta asfáltica: 0,004 m</p> <p>λ: 0,43; c: 0,92; ρ: 1600 (Impermeabilizante, asfalto – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Laje: 0,25 m</p> <p>λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Câmara de ar: 0,37 m</p> <p>Rt: 0,21 (Câmara de ar >5 cm fluxo descendente – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Forro de gesso: 0,02 m</p> <p>λ: 0,35; c: 0,84; ρ: 1000 (Placa de gesso – NBR 15220 (2005))</p> <p>$\alpha = 0,65$; $\epsilon = 0,85$ (Concreto aparente – NBR 15220 (2005))</p>
Ground floor	<p>- Stone basalt: 0,05 m</p> <p>λ: 3,49; c: 0,84; ρ: 2880 (Design Builder)</p> <p>- Soil – earth, gravel-based: 0,05 m</p> <p>λ: 0,52; c: 0,18; ρ: 2050 (Design Builder)</p>	<p>- Cement/plaster/mortar - cement: 0,015 m</p> <p>λ: 0,72; c: 0,84; ρ: 1860 (Design Builder)</p> <p>- Cast concrete: 0,03 m</p> <p>λ: 1,13; c: 1,00; ρ: 2000 (Design Builder)</p> <p>- Soil – earth, gravel-based: 0,05 m</p> <p>λ: 0,52; c: 0,18; ρ: 2050 (Design Builder)</p>	<p>- Mármore branco: 0,02 m</p> <p>λ: 2,00; c: 0,88; ρ: 2500 (Stone - marble, White – Design Builder)</p> <p>- Contrapiso: 0,03 m</p> <p>λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Laje: 0,20 m</p> <p>λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p>	<p>- Piso vinílico: 0,001 m</p> <p>λ: 2,90; c: 0,84; ρ: 2600 (PVC/Rubber floor covering - DesignBuilder)</p> <p>- Contrapiso: 0,03 m</p> <p>λ: 1,15; c: 1,00; ρ: 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005))</p> <p>- Laje: 0,07 m</p> <p>λ: 1,75; c: 1,00; ρ: 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005))</p>

Configurações no DesignBuilder		Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
Internal floor		- Timber Flooring: 0,05 m λ : 0,14; c: 1,20; ρ : 650 (Design Builder)	- Cement/plaster/mortar - cement: 0,015 m λ : 0,72; c: 0,84; ρ : 1860 (Design Builder) - Cast concrete: 0,10 m λ : 1,13; c: 1,00; ρ : 2000 (Design Builder) - Gypsum sand render: 0,015 m λ : 0,80; c: 1,00; ρ : 1600 (Design Builder)	- Mármore branco: 0,02 m λ : 2,00; c: 0,88; ρ : 2500 (Stone - marble, White – Design Builder) - Contrapiso: 0,03 m λ : 1,15; c: 1,00; ρ : 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005)) - Laje: 0,20 m λ : 1,75; c: 1,00; ρ : 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005)) - Câmara de ar: 0,48 m λ : 0,30; c: 1,00; ρ : 1000 (Air gap \geq 25 mm – DesignBuilder) - Forro de gesso: 0,02 m λ : 0,35; c: 0,84; ρ : 1000 (Placa de gesso – NBR 15220 (2005))	- Piso vinílico: 0,001 m λ : 2,90; c: 0,84; ρ : 2600 (PVC/Rubber floor covering - DesignBuilder) - Contrapiso: 0,03 m λ : 1,15; c: 1,00; ρ : 2000 (Argamassa comum – NBR 15220 (2005)) - Laje: 0,07 m λ : 1,75; c: 1,00; ρ : 2400 (Concreto normal – NBR 15220 (2005)) - Câmara de ar: 1,00 m λ : 0,30; c: 1,00; ρ : 1000 (Air gap \geq 25 mm – DesignBuilder) - Forro de gesso: 0,02 m λ : 0,35; c: 0,84; ρ : 1000 (Placa de gesso – NBR 15220 (2005))
Openings/ External windows	Glazing type	Sgl Clear 3 mm – DesignBuilder (TL=0,89; FS=0,85; U=6,25 W/m ² .K)	Sgl Clear 3 mm – DesignBuilder (TL=0,89; FS=0,85; U=6,25 W/m ² .K)	Sgl Grey 6 mm – DesignBuilder (TL=0,431; FS=0,567; U=6,121W/m ² .K)	Sgl Grey 6 mm – DesignBuilder (TL=0,431; FS=0,567; U=6,121W/m ² .K)
	Layout	2,22% glazed	4,95% glazed	Curtain wall, 95% glazed	Curtain wall, 89% glazed
	Frame and dividers	Painted Wooden window frame Width: 0,05 m λ : 0,29; c: 1,34; ρ : 1000 (Madeira – NBR 15220 (2005)) α = 0,30; ϵ = 0,90 (Pintura amarela – NBR 15220 (2005)) α = 0,70; ϵ = 0,90 (Pintura verde – NBR 15220 (2005))	Painted Wooden window frame Width: 0,05 m λ : 0,29; c: 1,34; ρ : 1000 (Madeira – NBR 15220 (2005)) α = 0,30; ϵ = 0,90 (Pintura amarela – NBR 15220 (2005)) α = 0,74; ϵ = 0,90 (Pintura vermelha – NBR 15220 (2005))	Aluminium window frame (no break): 0,05 m λ : 230; c: 0,88; ρ : 2700 (Alumínio – NBR 15220 (2005)) α = 0,15; ϵ = 0,12 (Alumínio – NBR 15220 (2005))	Aluminium window frame (no break): 0,05 m λ : 230; c: 0,88; ρ : 2700 (Alumínio – NBR 15220 (2005)) α = 0,15; ϵ = 0,12 (Alumínio – NBR 15220 (2005))

Configurações no DesignBuilder		Museu das Bandeiras	Secretaria da Fazenda	Palácio do Itamaraty	Palácio da Justiça
Lighting	Normalised power density	5,76 (W/m ² - lux)	11,35 (W/m ² - lux)	4,33 (W/m ² - lux)	3,19 (W/m ² - lux)
HVAC	Colling	None	Template: None	Template: None	Fan Coil Unit (4-Pipe), Air cooled Chiller
			Colling system: default	Colling system: default	Colling system: default
			Fuel: eletricity from grid	Fuel: eletricity from grid	Fuel: eletricity from grid
			Colling system seasonal COP: 3,01	Colling system seasonal COP: 3,47	Colling system seasonal COP: 1,80
	Mechanical ventilation	None	Min. fresh air (sum per person + per área)	Min. fresh air (sum per person + per área)	Min. fresh air (sum per person + per área)

λ - Condutividade térmica (W/(m.K)); c - Calor específico (KJ/(Kg.K)); ρ - Densidade de massa aparente (Kg/m³); α - Absortância Solar (superfícies opacas); ε - Emissividade; TL- Transmissão Luminosa (%); FS - Fator Solar (%); U -Transmitância térmica (W/(m².K))

Fonte: A autora.

APÊNDICE K – Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura colonial

Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura colonial

		Paredes Externas						CI	CR
		Janela	Superfície Exterior	Superfície Interior	Cobertura	Paredes Internas	Teto		
RESPONDENTE 1	VE	0,05	0,05	0,21	0,05	0,38	0,26	MATRIZ 1	
	SC	18,00	18,00	7,60	22,00	2,71	3,60		
	VE x SC	0,94	0,94	1,60	1,02	1,03	0,94		
	λ_{max}	6,46							0,0920
RESPONDENTE 2	VE	0,16	0,16	0,20	0,21	0,13	0,13	MATRIZ 2	
	SC	17,20	9,20	9,20	5,11	6,00	6,00		
	VE x SC	2,80	1,46	1,83	1,08	0,80	0,80		
	λ_{max}	8,78							0,5560
RESPONDENTE 3	VE	0,25	0,05	0,16	0,10	0,24	0,21	MATRIZ 3	
	SC	4,40	26,00	9,20	17,20	4,31	4,40		
	VE x SC	1,09	1,19	1,45	1,70	1,03	0,94		
	λ_{max}	7,39							0,2780
RESPONDENTE 4	VE	0,11	0,11	0,11	0,35	0,15	0,15	MATRIZ 4	
	SC	10,00	10,00	10,00	3,60	6,00	6,00		
	VE x SC	1,15	1,15	1,15	1,27	0,91	0,91		
	λ_{max}	6,53							0,1060
RESPONDENTE 5	VE	0,29	0,07	0,20	0,06	0,23	0,14	MATRIZ 5	
	SC	4,40	18,00	7,60	22,00	7,51	12,40		
	VE x SC	1,27	1,19	1,54	1,41	1,75	1,79		
	λ_{max}	8,96							0,5924

Vetor de Eigen (VE) = média do somatório por linha da matriz normalizada; Somatório por coluna (SC) da matriz não normalizada; λ_{max} = Valor principal de Eigen = Somatório (VE X SC); CR é a taxa de consistência; CI é o índice de consistência.

Fonte: A autora.

APÊNDICE L – Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura moderna

Resultados parciais do grau de importância dos componentes construtivos da arquitetura moderna

		Paredes Externas						CI	CR
		Janela	Superfície Exterior	Superfície Interior	Cobertura	Paredes Internas	Teto		
RESPONDENTE 1	VE	0,07	0,09	0,21	0,05	0,35	0,22	MATRIZ 1	
	SC	18,00	17,20	7,60	18,00	2,80	4,40		
	VE x SC	1,34	1,53	1,62	0,94	0,97	0,98		
	λ_{max}	7,39						0,2780	0,2242
RESPONDENTE 2	VE	0,04	0,08	0,08	0,54	0,05	0,22	MATRIZ 2	
	SC	26,00	17,20	17,20	1,64	18,09	6,80		
	VE x SC	0,93	1,32	1,32	0,89	0,92	1,49		
	λ_{max}	6,88						0,1751	0,1412
RESPONDENTE 3	VE	0,02	0,07	0,11	0,57	0,12	0,11	MATRIZ 3	
	SC	38,00	25,11	12,40	1,55	12,40	12,49		
	VE x SC	0,91	1,66	1,33	0,89	1,55	1,34		
	λ_{max}	7,67						0,3340	0,2694
RESPONDENTE 4	VE	0,04	0,06	0,16	0,21	0,27	0,27	MATRIZ 4	
	SC	22,00	18,00	9,20	11,60	3,60	3,60		
	VE x SC	0,92	1,01	1,48	2,41	0,96	0,96		
	λ_{max}	7,74						0,3480	0,2806
RESPONDENTE 5	VE	0,12	0,32	0,15	0,04	0,19	0,17	MATRIZ 5	
	SC	10,00	3,60	9,11	26,09	8,40	5,20		
	VE x SC	1,24	1,14	1,40	1,17	1,64	0,86		
	λ_{max}	7,45						0,2891	0,2331

Vetor de Eigen (VE) = média do somatório por linha da matriz normalizada; Somatório por coluna (SC) da matriz não normalizada; λ_{max} = Valor principal de Eigen = Somatório (VE X SC); CR é a taxa de consistência; CI é o índice de consistência.

Fonte: A autora.

Estratégias de Intervenção	Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4			Respondente 5		
	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente
5 CA1-C CT2-C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 CA2-C CT3-C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50
7 CT1-C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: A autora.

Pontuação de Preservação das estratégias de intervenção da Secretaria da Fazenda por tipo de análise e respondente.

Estratégias de Intervenção	Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4		
	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente
1 FF1-C	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2 FF2-C	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 FF3-C	1,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
4 FF4-C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 CA1-C CT2-C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 CA2-C CT3-C	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
7 CT1-C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: A autora.

Pontuação de Preservação das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça por tipo de análise e respondente.

Estratégias de Intervenção	Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4		
	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise e História/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente
1 FF1-M	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
2 FF2-M	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 FF3-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00
4 FF4-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50
5 FT1-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
6 FP1-M	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 FP2-M	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 FA1-M FT2-M	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50
9 FA2-M FT2-M	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50

Estratégias de Intervenção		Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4		
		Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente
10	CA1-M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	1,00	1,00	0,50
11	CA2-M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
12	CT1-M CA2-M	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50

Fonte: A autora.

Pontuação de Preservação das estratégias de intervenção do Palácio da Justiça por tipo de análise e respondente.

Estratégias de Intervenção		Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4			Respondente 5		
		Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolvente
1	FF1-M	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
2	FF2-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00
3	FF3-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00

Estratégias de Intervenção	Respondente 1			Respondente 2			Respondente 3			Respondente 4			Respondente 5		
	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolverte	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolverte	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolverte	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolverte	Análise dos Materiais/Sistemas Construtivos	Análise Histórica/Estética	Análise do Espaço Envolverte
4 FF4-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50
5 FT1-M	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50
6 FP1-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 FP2-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 FA1-M FT2-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50
9 FA2-M FT2-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
10 CA1-M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
11 CA2-M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
12 CT1-M CA2-M	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50

Fonte: A autora.

ANEXO A – Escala de pontuação proposta por Saaty (1990) para AHP.

Saaty (1990) propõe pesos que variam entre 1 a 9, ou seja, a escala de grau de importância entre os itens avaliados varia entre ‘importância igual’ a ‘importância extremamente superior’ conforme apresentado na Tabela apresentada a seguir. Para cada peso existe o julgamento recíproco que é o inverso do respectivo peso (1/p), ou seja, a escala do julgamento recíproco varia de 1 a 1/9 (‘importância igual’ a ‘importância extremamente inferior’). Os principais pesos são os valores ímpares (1, 3, 5, 7; 9) e seus respectivos recíprocos de julgamento, os valores pares compreendem uma moderação de julgamento entre o peso imediatamente anterior e posterior na escala. A comparação é realizada do item indicado na linha (l) em relação ao item indicado na coluna (c). Assim, quando $p > 1$ um item em l é mais importante do que um item em c, e quando $p < 1$ um item em l é menos importante do que um item em c.

Pesos atribuídos e respectivas definições porpostas por Saaty (1990).

Peso (p)	Definição	Recíproco (1/p)	Definição
1	Um item possui importância igual em relação ao outro	1	Um item possui importância igual em relação ao outro
2	Um item possui importância ligeiramente superior em relação ao outro	1/2 = 0,500	Um item possui importância ligeiramente inferior em relação ao outro
3	Um item possui importância moderadamente superior em relação ao outro	1/3 = 0,333	Um item possui importância moderadamente inferior em relação ao outro
4	Um item possui importância mais moderadamente superior em relação ao outro	1/4 = 0,250	Um item possui importância mais moderadamente inferior em relação ao outro
5	Um item possui importância superior em relação ao outro	1/5 = 0,200	Um item possui importância inferior em relação ao outro
6	Um item possui importância mais superior em relação ao outro	1/6 = 0,167	Um item possui importância mais inferior em relação ao outro
7	Um item possui importância muito superior em relação ao outro	1/7 = 0,143	Um item possui importância muito inferior em relação ao outro
8	Um item possui importância muitíssimo superior em relação ao outro	1/8 = 0,125	Um item possui importância muitíssimo inferior em relação ao outro
9	Um item possui importância extremamente superior ou absoluta em relação ao outro	1/9 = 0,111	Um item possui importância extremamente inferior em relação ao outro

Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

ANEXO B – Especificação do sistema de condicionamento de ar da Secretaria da Fazenda.

Ar condicionado tipo split de parede da Secretaria da Fazenda, destacado em amarelo.

FORNECEDOR	MARCA	MODELO		TIPO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA		FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO		CONSUMO DE ENERGIA (**)		REGISTRO INMETRO	DATA DE CONCESSÃO
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA		Btu/h	W	kW (*)	W		W/W		127V	220V	kWh/mês			
								127V	220V	127V	220V			127V	220V		
ELGIN	ELGIN	SHQI-18000-2	SHQE-18000-2	REVERSO	18.000	5.274	5,27		1.890		2,79		D		39,7	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRFI-18000-2	SRFE-18000-2	FRIO	18.000	5.274	5,27		1.750		3,01		B		36,8	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRQI-18000-2	SRQE-18000-2	REVERSO	18.000	5.274	5,27		1.790		2,95		C		37,6	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRFIA-18000-2	SRFEA-18000-2	FRIO	18.000	5.274	5,27		1.620		3,26		A		34,0	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRQIA-18000-2	SRQEA-18000-2	REVERSO	18.000	5.274	5,27		1.600		3,30		A		33,6	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SZFI-18000-2	SZFE-18000-2	FRIO	18.000	5.274	5,27		1.980		2,66		D		41,6	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SHFI-24000-2	SHFE-24000-2	FRIO	24.000	7.032	7,03		2.410		2,92		C		50,6	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SHQI-24000-2	SHQE-24000-2	REVERSO	24.000	7.032	7,03		2.400		2,93		C		50,4	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRFI-24000-2	SRFE-24000-2	FRIO	24.000	7.032	7,03		2.490		2,82		C		52,3	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRQI-24000-2	SRQE-24000-2	REVERSO	24.000	7.032	7,03		2.490		2,82		C		52,3	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SSFI-24000-2	SSFE-24000-2	FRIO	24.000	7.032	7,03		2.400		2,93		C		50,4	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SSQI-24000-2	SSQE-24000-2	REVERSO	24.000	7.032	7,03		2.400		2,93		C		50,4	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SHQI-30000-2	SHQE-30000-2	REVERSO	30.000	8.790	8,79		3.250		2,70		D		68,3	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRFI-30000-2	SRFE-30000-2	FRIO	30.000	8.790	8,79		3.050		2,88		C		64,1	001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SRQI-30000-2	SRQE-30000-2	REVERSO	30.000	8.790	8,79		3.000		2,93		C		63,0	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SUFI-7000-1	SUFE-7000-1	FRIO	7.000	2.051	2,05	685		2,99		C		14,4		001970/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SUQI-7000-2	SUQE-7000-2	REVERSO	7.000	2.051	2,05		685		2,99		C		14,4	001975/2012	04/09/2012
ELGIN	ELGIN	SUFI-9000-1	SUFE-9000-1	FRIO	9.000	2.637	2,64	855		3,08		B		18,0		001970/2012	04/09/2012

Fonte: Inmetro (2017), adaptado.

Ar condicionado tipo Split de teto da Secretaria da Fazenda, destacado em amarelo.

FORNECEDOR	MARCA	MODELO		TIPO	TENSÃO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTENCIA ELÉTRICA CONSUMIDA	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (**)	REGISTRO INMETRO	DATA DE CONCESSÃO	DATA DE CANCELAMENTO
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA			V	Btu/h	W	kW (*)	W		W/W			
RHEEM	RHEEM	RB1PT60AC2DV2E	RB1PT60AC2DV2C	FRIO	380	55.000	16.115	16,12	5.543	2,74	D	116,4	000914/2013	6/2/2013	
RHEEM	RHEEM	RB1PT60HP2DV2E	RB1PT60HP2DV2C	REVERSO	380	55.000	16.115	16,12	5.327	2,86	C	111,9	000913/2013	6/2/2013	
RHEEM	RHEEM	RB1PT48AC2CV2E	RB1PT60AC2CV2C	FRIO	220	55.000	16.115	16,12	5.511	2,71	D	115,7	000914/2013	6/2/2013	
SAMSUNG	SAMSUNG	AC060JBCDBD/AZ	AC060JCBDFD/AZ	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	5.580	3,00	C	117,2	000084/2015	6/1/2015	
SAMSUNG	SAMSUNG	AC060JBCDBD1AZ	AC060JCBDFD1AZ	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	5.580	3,00	C	117,2	000084/2015	6/1/2015	
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CCD048235MC	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.385	3,21	B	92,1	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CCD048535MC	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.385	3,21	B	92,1	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CCE048535MC	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.680	3,01	C	98,3	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CCE048235MC	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.680	3,01	C	98,3	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CQD048235MC	REVERSO	380	48.000	14.064	14,06	4.385	3,21	B	92,1	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CQD048535MC	REVERSO	220	48.000	14.064	14,06	4.385	3,21	B	92,1	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CQE048535MC	REVERSO	220	48.000	14.064	14,06	4.680	3,01	C	98,3	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC048515LC	38CQE048235MC	REVERSO	380	48.000	14.064	14,06	4.680	3,01	C	98,3	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CCD060235MC	FRIO	380	58.000	16.994	16,99	5.655	3,01	C	118,8	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CCD060535MC	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	5.655	3,01	C	118,8	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CCE060535MC	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	6.050	2,81	D	127,1	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CCE060235MC	FRIO	380	58.000	16.994	16,99	6.050	2,81	D	127,1	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CQD060235MC	REVERSO	380	58.000	16.994	16,99	6.055	2,81	D	127,2	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CQD060535MC	REVERSO	220	58.000	16.994	16,99	5.900	2,88	C	123,9	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CQE060535MC	REVERSO	220	58.000	16.994	16,99	6.050	2,81	D	127,1	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQC060515LC	38CQE060235MC	REVERSO	380	58.000	16.994	16,99	6.050	2,81	D	127,1	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM48C5	38CCM048535MC	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.628	3,04	B	97,2	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM48C5	38CQM048535MC	REVERSO	220	48.000	14.064	14,06	4.628	3,04	B	97,2	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM48C5	38CCM048235MC	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.628	3,04	B	97,2	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM48C5	38CQM048235MC	REVERSO	380	48.000	14.064	14,06	4.628	3,04	B	97,2	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM60C5	38CCM060235MC	FRIO	380	58.000	16.994	16,99	5.655	3,01	C	118,8	000863/2012	12/6/2012	13/6/2016
SPRINGER CARRIER	CARRIER	42XQM60C5	38CQM060235MC	REVERSO	380	58.000	16.994	16,99	5.900	2,88	C	123,9	000862/2012	12/6/2012	13/6/2016

Fonte: Inmetro (2017), adaptado.

ANEXO C – Especificação do sistema de condicionamento de ar do Palácio do Itamaraty.

Sistema de condicionamento de ar do Palácio do Itamaraty, destacado em amarelo.

FORNECEDOR	MARCA	MODELO		TIPO	TENSÃO V	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA W	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA W/W	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (**) kWh/mês	REGISTRO INMETRO	DATA DE CONCESSÃO	DATA DE CANCELAMENTO
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA			Btu/h	W	kW (*)							
HITACHI	HITACHI	RCI36A3P	RAP36B3L	FRIO	220	36.000	10.548	10,55	3.730	2,83	C	78,3	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI18A3P	RAP18B3Q	REVERSO	220	18.000	5.274	5,27	1.785	2,95	C	37,5	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24A3P	RAP24B3Q	REVERSO	220	24.000	7.032	7,03	2.630	2,67	D	55,2	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI30A3P	RAP30B3Q	REVERSO	220	30.000	8.790	8,79	3.311	2,65	D	69,5	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI36A3P	RAP36B3Q	REVERSO	220	36.000	10.548	10,55	3.730	2,83	C	78,3	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI18B3P	RAP18B3Q	REVERSO	220	18.000	5.274	5,27	1.672	3,15	B	35,1	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24B3P	RAP24B3Q	REVERSO	220	24.000	7.032	7,03	2.490	2,82	C	52,3	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI30B3P	RAP30B3Q	REVERSO	220	30.000	8.790	8,79	3.112	2,82	C	65,4	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI36B3P	RAP36B3Q	REVERSO	220	36.000	10.548	10,55	3.619	2,91	C	76,0	002132/2013	7/3/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24B3P	RAP24B3L	FRIO	220	24.000	7.032	7,03	2.490	2,82	C	52,3	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI36B3P	RAP36B3L	FRIO	220	36.000	10.548	10,55	3.619	2,91	C	76,0	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24B3P	RAP18B3L	FRIO	220	19.000	5.567	5,57	1.605	3,47	A	33,7	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI18C3P	RAP18B3L	FRIO	220	18.000	5.274	5,27	1.672	3,15	B	35,1	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24C3P	RAP18B3L	FRIO	220	18.000	5.274	5,27	1.620	3,26	A	34,0	000135/2013	14/1/2013	
HITACHI	HITACHI	RCI24C3P	RAP24B3L	FRIO	220	24.000	7.032	7,03	2.490	2,82	C	52,3	000135/2013	14/1/2013	

Fonte: Inmetro (2017), adaptado.

ANEXO D – Especificação da película FF1-C



Effective May 2017

Commercial Solutions Division

3M™ Prestige 90 Exterior Window Film

Solar Control Window Film

Product Bulletin

1. Product Description

3M™ Prestige 90 Exterior is a multilayer, metal free, spectrally selective, solar control film with a durable scratch resistant surface and a weather stable acrylic adhesive.

2. Applications

3M™ Prestige 90 Exterior is intended for exterior application on flat glass substrates.

3. Typical Properties

These are indicative values for 3M™ Window Film products.

Product construction	
Material base	Multi-layered PET/PMMA
Adhesive	Pressure sensitive acrylic
Protective liner	Siliconized PET

These are indicative values for 3M™ Window Film products.

Typical Performance Properties according to EN 410										
Glass type	Film Type	Visible Light			Total Solar Energy Rejected	G Value (SHGC)	LSG (Light to solar gain)	UV Block	Heat Gain Reduction	Glare Reduction
		Reflected (interior)	Reflected (exterior)	Transmission						
Single Pane		%	%	%	%			%	%	%
Clear	No Film	9	8	89	19	0.82	1.1	38	NA	NA
	PR 90 EX	9	9	88	36	0.64	1.4	99.9	21	1
Tinted	No Film	6	6	53	37	0.63	0.8	NA	NA	NA
	PR 90 EX	6	6	53	50	0.5	1.1	99.9	21	1
Double Pane										
Clear	No Film	15	15	79	30	0.70	1.1	NA	NA	NA
	PR 90 EX	16	15	78	45	0.56	1.4	99.9	21	1
Tinted	No Film	13	8	47	49	0.51	0.9	NA	NA	NA
	PR 90 EX	13	9	47	60	0.4	1.2	99.9	20	1

The values above are the results of illustrative lab test measurements and shall not be considered as a commitment from 3M.

4. User Information

4.1 Shelf Life & Storage (prior to application)

Shelf life is 5 years from the manufacturing date. Material should be stored in its original packaging, laying in a horizontal orientation, away from direct sunlight. Heavy objects should not be placed on top of it to avoid damaging the product. Recommended storage conditions are 21°C and 40 – 50% relative humidity. Avoid extreme temperature ranges in storage.

The shelf life as defined above remains an indicative and maximum data, subject to many external and non-controllable factors. It may never be interpreted as warranty.

4.2 Application

These are indicative values for 3M™ Window Film products.

Recommended substrate	Glass (as described in EN 15755-1)
Recommended surface	Flat to simple curved
Application method	Suitable for wet application or dry, semi-automatic lamination
Application temperature	From + 8°C to +45°C
Application guidelines	Check weather forecast when planning the application. Do not install during precipitation or if the exterior temperature should drop below 0°C within 15 days after installation.
Service temperature	From -40°C to +80°C (not for extended periods of time at the extremes)
Edge sealing	Recommended on horizontal applications. Not necessary on vertical applications except where moisture can accumulate for an extended time.
Drying Time	Final adhesion is reached after approximately 8-10 days at 18°C and dry conditions. Please refer to local instructions for details

4.3 Maintenance and Cleaning

Use a cleaning agent designed for high quality glass surfaces. The cleaning agent must be wet and non-abrasive with a pH value between 6 and 8 (neither strongly acidic nor strongly alkaline).

5. Remarks

This bulletin provides technical information only.

To request additional product information see address below.

Important Notice

All questions of warranty and liability relating to this product are governed by the terms and conditions of the sale, subject, where applicable, to the prevailing law.

Before using, the user must determine the suitability of the product for its required or intended use, and the user assumes all risk and liability whatsoever in connection therewith.



Commercial Solutions Division
Hermeslaan 7
1831 Diegem, Belgium
www.3mgraphics.com/eu

Responsible for this technical bulletin:

3M Deutschland GmbH
Carl-Schurz-Str. 1
41453 Neuss, Germany

3M is a trademark of 3M Company. All other trademarks are the property of their respective owners.

The use of trademark signs and brand names in this bulletin is based upon US standards. These standards may vary from country to country outside the USA.

© 3M 2017. All rights reserved.

ANEXO E – Especificação da película FF1-M



Effective May 2017

Commercial Solutions Division

3M™ Prestige 40 Exterior Window Film

Solar Control Window Film

Product Bulletin

1. Product Description

3M™ Prestige 40 Exterior is a multilayer, metal free, spectrally selective, solar control film with a durable scratch resistant surface and a weather stable acrylic adhesive.

2. Applications

3M™ Prestige 40 Exterior is intended for exterior application on flat glass substrates.

3. Typical Properties

These are indicative values for 3M™ Window Film products.

Product construction	
Material base	Multi-layered PET/PMMA
Adhesive	Pressure sensitive acrylic
Protective liner	Siliconized PET

Typical Performance Properties according to EN 410										
Glass type	Film Type	Visible Light			Total Solar Energy Rejected	G Value (SHGC)	LSG (Light to solar gain)	UV Block	Heat Gain Reduction	Glare Reduction
		Reflected (interior)	Reflected (exterior)	Transmission						
Single Pane		%	%	%	%			%	%	%
Clear	No Film	9	8	89	19	0.82	1.1	38	NA	NA
	PR 40 EX	5	6	42	61	0.39	1.1	99.9	53	53
Tinted	No Film	6	6	53	37	0.63	0.8	NA	NA	NA
	PR 40 EX	5	5	25	67	0.33	0.8	99.9	47	53
Double Pane										
Clear	No Film	15	15	79	30	0.70	1.1	NA	NA	NA
	PR 40 EX	13	7	37	71	0.29	1.3	99.9	59	53
Tinted	No Film	13	8	47	49	0.51	0.9	NA	NA	NA
	PR 40 EX	12	6	22	77	0.23	1.0	99.9	55	53

The values above are the results of illustrative lab test measurements and shall not be considered as a commitment from 3M.

4. User Information

4.1 Shelf Life & Storage (prior to application)

Shelf life is 5 years from the manufacturing date. Material should be stored in its original packaging, laying in a horizontal orientation, away from direct sunlight. Heavy objects should not be placed on top of it to avoid damaging the product. Recommended storage conditions are +21°C and 40 – 50% relative humidity. Avoid extreme temperature ranges in storage.

The shelf life as defined above remains an indicative and maximum data, subject to many external and non-controllable factors. It may never be interpreted as warranty.

4.2 Application

These are indicative values for 3M™ Window Film products.

Recommended substrate	Glass (as described in EN 15755-1)
Recommended surface	Flat to simple curved
Application method	Suitable for wet application or dry, semi-automatic lamination
Application temperature	From + 8°C to + 45°C
Application guidelines	Check weather forecast when planning the application. Do not install during precipitation or if the exterior temperature should drop below 0°C within 15 days after installation.
Service temperature	From - 40°C to + 80°C
Edge sealing	Recommended on horizontal applications. Not necessary on vertical applications except where moisture can accumulate for an extended time.
Drying Time	Final adhesion is reached after approximately 8-10 days at 18°C and dry conditions. Please refer to local instructions for details

4.3 Maintenance and Cleaning

Use a cleaning agent designed for high quality glass surfaces. The cleaning agent must be wet and non-abrasive with a pH value between 6 and 8 (neither strongly acidic nor strongly alkaline).

5. Remarks

This bulletin provides technical information only.

To request additional product information see address below.

Important Notice

All questions of warranty and liability relating to this product are governed by the terms and conditions of the sale, subject, where applicable, to the prevailing law.

Before using, the user must determine the suitability of the product for its required or intended use, and the user assumes all risk and liability whatsoever in connection therewith.



Commercial Solutions Division
Hermeslaan 7
1831 Diegem, Belgium
www.3mgraphics.com/eu

Responsible for this technical bulletin:

3M Deutschland GmbH
Carl-Schurz-Str. 1
41453 Neuss, Germany

3M is a trademark of 3M Company. All other trademarks are the property of their respective owners.

The use of trademark signs and brand names in this bulletin is based upon US standards. These standards may vary from country to country outside the USA.

© 3M 2017. All rights reserved.

ANEXO F – Especificação da película FF2-C e FF2-M



Películas Arquitetura

CÓDIGO	COR	% TRANSMISSÃO LUZ VISÍVEL	% REFLEXÃO LUZ VISÍVEL	% TRANSMISSÃO ENERGIA SOLAR	% REFLEXÃO ENERGIA SOLAR	% ABSORÇÃO ENERGIA SOLAR	FATOR "U"	COEFICIENTE DE SOMBRA	% TRANSMISSÃO RAIO UV	% ENERGIA TOTAL REFLETIDA
WELLNESS										
WELLNESS 5	-	5	5	-	60	-	-	-	1	-
WELLNESS 20	-	17	6	-	55	-	-	-	1	-
WELLNESS 35	-	33	6	-	53	-	-	-	1	-
WELLNESS 50	-	54	7	-	42	-	-	-	1	-
WELLNESS 70	-	63	8	-	44	-	-	-	1	-
WELLNESS 80	-	75	9	-	40	-	-	-	1	-
UVBLOCK										
UVBLOCK 60N	NEUTRO	61	22	47	26.70	26.30	-	0.61	1	46.60
UVBLOCK 60G	VERDE	50	13	48	12	40	1.09	0.64	1	41
UVBLOCK 70N	NEUTRO	70	18	52	18	30	1.12	0.84	1	38
UVBLOCK 70G	VERDE	68	10	58	11.10	30.90	-	0.77	1	34
UVBLOCK 80N	NEUTRO	73	13	57	16	27	0.98	0.74	1	36
PLATINUM SEMI-REFLETIVA										
PLATINUM DX15BRDF	BRONZE	15	9	24	15	61	1.05	0.45	1	61
PLATINUM SX30GN	VERDE	30	17	29	20	51	0.98	0.53	1	54
PLATINUM REFLETIVA										
PLATINUM R15BL	AZUL	11	25	10	38	52	0.94	0.29	1	75
PLATINUM R15BR	BRONZE	10	19	10	35	55	0.94	0.28	1	76
PLATINUM 15ABRDF	BRONZE	10	19	10	35	55	0.94	0.28	1	76
PLATINUM R15GN	VERDE	16	32	14	38	48	0.94	0.31	1	73
PLATINUM R15GR	CINZA	7	13	9	35	58	0.94	0.29	1	75
PLATINUM R15GO	DOURADO	14	52	14	50	39	0.94	0.25	1	79
PLATINUM R20Si	PRATA	18	62	14	54	32	0.97	0.24	1	79
PLATINUM R35Si	PRATA	28	44	22	43	35	0.96	0.36	1	68
PLATINUM R50Si	PRATA	49	27	38	26	36	0.97	0.53	1	54
PLATINUM R60Si	PRATA	54.70	19.60	45.20	19.40	35.40	-	0.623	1	45.80
SMART REFLETIVA										
SMART R15BR	BRONZE	10	19	10	35	55	0.94	0.28	5	76
SMART R15GR	CINZA	7	19	9	33	58	0.94	0.29	5	75
SMART R15IGR	CINZA	7	56	9.80	49.70	40.50	0.94	0.23	5	80
SMART R20Si	PRATA	15	60	12	55	33	0.94	0.24	5	79
DEFENDER REFLETIVA										
DEFENDER 20Si	PRATA	15	60	12	55	33	1.01	0.25	1	78
DEFENDER CLEAR										
SMART R15BR	INCOLOR	90	9	85	8	7	1.14	0.99	5	13
DEFENDER CLEAR2	INCOLOR	89	9	86	7	7	1.14	0.99	5	14
DEFENDER CLEAR4	INCOLOR	89	11	88	10	2	1.14	0.99	5	12
DEFENDER CLEAR7	INCOLOR	87	12	88	10	2	1.14	0.99	5	12
DEFENDER CLEAR13	INCOLOR	88	10	80	9	11	1.06	0.96	1	17
MUSEU										
MUSEU	INCOLOR	88	9	79	8	13	1.03	0.95	1	17
EXTERNO										
EX4DEFENDER	PRATA	15	67	10	7					

• **Cobertura resistente a riscos - Scratch Resistent**

A durabilidade das películas aumenta cerca de 4 a 5 vezes com o uso da cobertura resistente a riscos "Scratch Resistent", elevando sua vida útil e protegendo-a contra desgastes ocasionados durante a limpeza e/ou pelas condições naturais.

• **Adesivo PS – Cola Padrão**

Forte adesivo, de composição acrílica, indicado principalmente para veículos cujas superfícies de vidro são curvas. Este adesivo foi desenvolvido para que as películas aderissem à curvatura das janelas ao mesmo tempo em que secassem. Dependendo das condições,

o adesivo PS pode ser recomendado para uso em vidros planos. Tempo normal de secagem: 3 dias.

• **Adesivo DF - Supertransparente**

Adesivo que não possui característica pegajosa, utilizado principalmente nas instalações de vidro plano. Este adesivo, devido a sua composição química, contribui para uma instalação livre de distorções óticas. Apresenta uma aderência mais permanente ao vidro, sendo mais indicado para instalações com grandes medidas de película, bem como locais onde é fácil controlar a contaminação por pó. Tempo normal de secagem: 7 dias.

GUIA DE TERMOS TÉCNICOS DE PELÍCULAS

Conheça aqui o significado dos principais termos e conceitos técnicos para a instalação e uso de películas de segurança e controle solar.

Transmissão de Luz Visível

A relação que existe entre a quantidade total de radiação solar visível (com comprimento de onda na faixa de 380-780 nanômetros) que passa por um sistema envidraçado, em comparação à quantidade total de radiação solar visível que incidiu sobre a superfície de vidro.

Reflexão da Luz Visível

A fração da radiação solar que é refletida por meio de um sistema envidraçado e que pode ser vista. A relação entre a quantidade total de radiação solar devolvida ao ambiente e a quantidade total de radiação solar visível que incidiu sobre a superfície de vidro.

Transmissão de Energia Solar

A relação que existe entre a quantidade total de energia dentro do comprimento de onda solar (300-2100 nanômetros) que tenha passado através de um sistema envidraçado e a quantidade total de energia solar incidente sobre a superfície de vidro. Esse valor é expresso normalmente em porcentagem.

Reflexão da Energia Solar

A relação que existe entre a energia solar refletida por meio de um sistema envidraçado e a quantidade total de energia incidente sobre a superfície de vidro. Este valor é expresso normalmente em porcentagem.

Absorção de Energia Solar

A relação que existe entre a energia absorvida por um sistema envidraçado e a energia solar incidente sobre a superfície do vidro. Energia solar absorvida é a porção que não foi transmitida ou refletida. Como a transmissão e a reflexão

solar podem ser medidas, deve-se utilizar a seguinte fórmula para calcular a energia absorvida: $A = 1,00 TR$

Fator "U"

É o coeficiente de transmissão térmica que mede a quantidade de calor que se ganha ou perde através do vidro, devido à diferença de temperatura entre o ar interno e externo. Este valor é uma função de temperatura e se expressa em BTU por pé quadrado, por hora, por graus Fahrenheit (BTU / sq.ft/h / °F). Quanto menor o fator "U", melhor será a qualidade do isolamento do sistema envidraçado.

Coefficiente de Sombra

A relação que existe entre o calor da radiação solar que é obtido através de um sistema envidraçado específico e o calor da radiação solar obtido através de um vidro incolor, sob condições idênticas. O coeficiente de sombra define a capacidade de controle solar que o sistema envidraçado possui.

Transmissão de Raio Ultravioleta

A relação que existe entre a quantidade total de radiação ultravioleta (300-380 nanômetros) que consegue passar por um sistema envidraçado e a quantidade total de ultravioleta incidente sobre a superfície de vidro. Radiação ultravioleta é uma porção do espectro de energia solar que contribui para a descoloração e deterioração dos quadros e móveis.

Energia Total Refletida

A relação que existe entre a quantidade total dentro de energia do comprimento de onda solar incidente sobre a superfície de vidro. Este valor é expresso em porcentagem.

Esta empresa é afiliada à
ABRAWF
Associação Brasileira dos
Representantes e Aplicadores
de Window Films

COMFORT

WELLNESS
CHERRY HAWK PERFORMANCE

UVBLOCK

PLATINUM

Unix
Window Films

SMART

DEFENDER

SkinCar
paint protection film

decowindow

InterControl
Window Films

SAC 0800 606 1882

ANEXO G – Especificação do vidro FF3-C



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

27.10.2019
Por Pammila, Pammila



Novo projeto 02

Nome de composto	Vidrio 1 & revestimento	Vidrio 2 & revestimento	Luz visível			Energia solar		Fator solar (g)	Solar Energy	Thermal Properties
			Transmitância	Refletância		Transmitância	Refletância			
				Visível (T _v %)	ρ _v % ext			ρ _v % int	Solar (T _B %)	ρ _B % ext
Composto padrão 01	SunGuard® HD Neutral 67 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	N/A	65,9	16,5	17,9	65,4	14,0	70,2	4,8	5,7

Padrão de cálculo: EN 410:2011 / EN 673:2011

Composto padrão 01

Exterior

LITE 1	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/8" = 3 mm	#1 ---- #2 SunGuard® HD Neutral 67 (CE)
--------	---	--

Total Unit (Nominal) = 1/8 pol / 3 mm Inclinação = 90°
 PESO ESTIMADO DO CONJUNTO 7,43 kg/m²

Interior

Important Notes

Calculations and terms in this report are based on EN 410:2011/EN 673:2011. The performance values shown above represent nominal values for the center of glass with no spacer system or framing. Solar Factor (g) and Secondary Heat Transfer (qi) are not available for sloped glazing, as no calculation method is prescribed by the standard for these attributes.

The KIWA logo and KIWA Validation Report MD - 14/477/GL are provided as evidence of validation of the Guardian Performance Calculator software, program version 4.1, for execution of calculations of luminous and solar characteristics of glazing and thermal transmittance, according to EN 410:2011 and EN 673:2011.

Produtos laminados:

Não se garante que a configuração de produtos laminados criados seja conforme com as regulamentações de segurança dos produtos laminados relevantes, exceto para produtos Guardian especificamente declarados. É da única responsabilidade do utilizador avaliar se o produto laminado final deve ser certificado de acordo com as normas relevantes e garantir que ele cumpre as regulamentações de segurança dos produtos laminados.

As consequências adicionais para vidro laminado com camada intermédia no lado do revestimento (devido ao contacto entre o revestimento e a camada intermédia) podem incluir (mas não se limitam a): redução significativa do desempenho em termos de segurança devido a algumas combinações de revestimento e camadas intermédias; perda de desempenho em termos de isolamento térmico da superfície virada para a camada intermédia; mudança de cor perceptível; outra deterioração em termos de desempenho.

Non-specular products (translucent or diffuse):

The performance measurement for non-specular (translucent or diffuse) materials such as translucent interlayers or acid etched glass surface, or surface with ceramic frit is limited by the current experimental technologies. Since measurements capture physically only a part of the resulting radiation, calculated performance results provided herein and based on such measurements are not compliant with any standard (including EN 410) and may only be used as a general reference. Actual values may vary significantly based upon exact fabrication process, as well as type, thickness and color of used non-specular material.

Explanation of Terms according to EN 410:2011/EN 673:2011

Visible Light Transmittance (T_v, %) is the percentage of incident light in the wavelength range of 380 nm to 780 nm that is transmitted by the glass.



CALCULADORA DE PERFORMANCE

Ultraviolet (UV) Transmittance (T_{uv} , %) is the percentage of the incident UV component of the solar radiation in the wavelength range of 280 nm to 380 nm that is transmitted by the glass.

Solar Energy Direct Transmittance (T_e , %) is the percentage of incident solar energy in the wavelength range of 300 nm to 2500 nm that is directly transmitted by the glass.

Visible Light Reflectance Outdoors/Indoor (R_v out/in, %) is the percentage of incident visible light directly reflected by the glass.

Solar Direct Reflectance Outdoors/Indoors (R_e out/in, %) is the percentage of incident solar energy directly reflected by the glass.

Solar Energy Absorptance (A_e , %) is the percentage of the sun's energy that is absorbed by glass.

U-Value (U_g , W/m² K) is the glazing parameter that characterizes the heat transfer through the central part of the glazing, i.e. without edge effects, and expresses the steady-state density of heat transfer rate per temperature difference between the environmental temperatures on each side. Temperature differential according to standard conditions: $T=15K^\circ$. The lower the value, the greater is the insulating value. EN 673 defines the value with 1 decimal place. The value is also provided with 3 decimal places for informational purposes.

Solar Factor or Total Solar Energy Transmittance or g-value ($g\%$) is the total solar radiation transmitted by the glass.

Shading Coefficient (sc) is Solar Factor divided by 0.87. It is a measure of the solar heat gain referenced to 3 mm clear glass which has the designated value of 1.00.

Secondary Heat Transfer Coefficient (q_i) is the result of heat transfer by convection and longwave IR-radiation of that part of the incident solar radiation which has been absorbed by the glazing.

Colour Rendering Index in transmission, D65 (R_a) is the change in colour of an object as a result of the light being transmitted through the glass.

Iserção de responsabilidade

Esta análise de desempenho é fornecida para o propósito limitado de auxiliar o utilizador na avaliação do desempenho dos produtos de vidro identificados neste relatório. Os dados espectrais para produtos fabricados pela Guardian refletem os valores nominais provenientes de amostras de produção típicas ou ensaios de tipo inicial CE, e são sujeitos a variações devido a tolerâncias de produção e de cálculo. Os dados espectrais para produtos não fabricados pela Guardian foram retirados da LBNL International Glazing Database e não foram verificados de forma independente pela Guardian. A Guardian recomenda que seja aprovada uma maquete em tamanho real.

Os valores incluídos são gerados de acordo com as práticas de engenharia estabelecidas e com os padrões de cálculo aplicáveis. Muitos fatores podem afetar as características de envidraçamento, incluindo o tamanho do vidro, a orientação da construção, as sombras, a velocidade do vento, o tipo de instalação, o processo de produção, etc. A aplicabilidade e os resultados da análise estão diretamente relacionados com os contributos dados pelos utilizadores, e qualquer mudança nas condições reais pode ter um efeito significativo nos resultados. É responsabilidade dos utilizadores da análise de garantir que a aplicação pretendida é adequada e cumpre todas as leis, regulamentações, normas, códigos de prática, orientações de processamento e outros requisitos relevantes. A Guardian não garante que os envidraçamentos criados nas ferramentas estejam disponíveis junto da Guardian ou de qualquer outro fabricante. O utilizador tem a responsabilidade de verificar junto do fabricante a disponibilidade de qualquer tipo de vidro ou fabrico. Apesar de a Guardian ter feito um esforço de boa fé para verificar a fiabilidade das ferramentas usadas para esta análise, elas podem conter erros de programação desconhecidos que podem levar a resultados imprecisos. O utilizador assume todos os riscos relacionados com os resultados fornecidos, sendo o único responsável por selecionar produtos apropriados para a aplicação do utilizador. A Guardian não oferece qualquer tipo de garantia explícita ou implícita em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise. Não há garantias de comercialização, não-infração ou adequação para um fim específico em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise, sendo que nenhuma garantia deve ser implícita por força da lei ou de outra forma. As únicas garantias aplicáveis aos produtos da Guardian são as garantias dadas para cada produto, em separado e sob a forma escrita. A Guardian não poderá, de modo algum, ser responsabilizada por danos diretos, indiretos, especiais, consequenciais ou incidentais de qualquer tipo relacionados com ou resultantes do uso das ferramentas e análises da Guardian.

Versão do programa: 4.1.0.8554

Versão da base de dados: 20191025

ANEXO H – Especificação do vidro FF3-M



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

27.10.2019
Por Pammila, Pammila



Novo projeto 01

Nome de composto	Vidrio 1 & revestimento	Vidrio 2 & revestimento	Luz visível			Energia solar		Solar Energy	Thermal Properties	
			Transmitância	Refletância		Transmitância	Refletância			
				Visível (t_v %)	ρ_v % ext			ρ_v % int	Solar (t_B %)	ρ_B % ext
Composto padrão 01	SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	11,1	26,0	24,1	10,1	21,3	25,5	15,4	2,5

Padrão de cálculo: EN 410:2011 / EN 673:2011

Composto padrão 01

Exterior

LITE 1	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/4" = 6 mm	#1 ---- #2 SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE)
BOLSA 1	100% Ar, 20 mm (.787")	
LITE 2	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/4" = 6 mm	#3 ---- #4 SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE)

Total Unit (Nominal) = 1 9/32 pol / 32 mm Inclinação = 90°
PESO ESTIMADO DO CONJUNTO 28,05 kg/m²

Interior

Important Notes

Calculations and terms in this report are based on EN 410:2011/EN 673:2011. The performance values shown above represent nominal values for the center of glass with no spacer system or framing. Solar Factor (g) and Secondary Heat Transfer (qi) are not available for sloped glazing, as no calculation method is prescribed by the standard for these attributes.

The KIWA logo and KIWA Validation Report MD - 14/477/GL are provided as evidence of validation of the Guardian Performance Calculator software, program version 4.1, for execution of calculations of luminous and solar characteristics of glazing and thermal transmittance, according to EN 410:2011 and EN 673:2011.

Produtos laminados:

Não se garante que a configuração de produtos laminados criados seja conforme com as regulamentações de segurança dos produtos laminados relevantes, exceto para produtos Guardian especificamente declarados. É da única responsabilidade do utilizador avaliar se o produto laminado final deve ser certificado de acordo com as normas relevantes e garantir que ele cumpre as regulamentações de segurança dos produtos laminados.

As consequências adicionais para vidro laminado com camada intermédia no lado do revestimento (devido ao contacto entre o revestimento e a camada intermédia) podem incluir (mas não se limitam a): redução significativa do desempenho em termos de segurança devido a algumas combinações de revestimento e camadas intermédias; perda de desempenho em termos de isolamento térmico da superfície virada para a camada intermédia; mudança de cor perceptível; outra deterioração em termos de desempenho.

Non-specular products (translucent or diffuse):

The performance measurement for non-specular (translucent or diffuse) materials such as translucent interlayers or acid etched glass surface, or surface with ceramic frit is limited by the current experimental technologies. Since measurements capture physically only a part of the resulting radiation, calculated performance results provided herein and based on such measurements are not compliant with any standard (including EN 410) and may only be used as a general reference. Actual values may vary significantly based upon exact fabrication process, as well as type, thickness and color of used non-specular material.


Explanation of Terms according to EN 410:2011/EN 673:2011

Visible Light Transmittance (Tv, %) is the percentage of incident light in the wavelength range of 380 nm to 780 nm that is transmitted by the glass.

Ultraviolet (UV) Transmittance (Tuv, %) is the percentage of the incident UV component of the solar radiation in the wavelength range of 280 nm to 380 nm that is transmitted by the glass.

Solar Energy Direct Transmittance (Te, %) is the percentage of incident solar energy in the wavelength range of 300 nm to 2500 nm that is directly transmitted by the glass.

Visible Light Reflectance Outdoors/Indoor (Rv out/in, %) is the percentage of incident visible light directly reflected by the glass.

Solar Direct Reflectance Outdoors/Indoors (Re out/in, %) is the percentage of incident solar energy directly reflected by the glass.

Solar Energy Absorptance (Ae, %) is the percentage of the sun's energy that is absorbed by glass.

U-Value (Ug, W/m² K) is the glazing parameter that characterizes the heat transfer through the central part of the glazing, i.e. without edge effects, and expresses the steady-state density of heat transfer rate per temperature difference between the environmental temperatures on each side. Temperature differential according to standard conditions: T=15K°. The lower the value, the greater is the insulating value. EN 673 defines the value with 1 decimal place. The value is also provided with 3 decimal places for informational purposes.

Solar Factor or Total Solar Energy Transmittance or g-value (g%) is the total solar radiation transmitted by the glass.

Shading Coefficient (sc) is Solar Factor divided by 0.87. It is a measure of the solar heat gain referenced to 3 mm clear glass which has the designated value of 1.00.

Secondary Heat Transfer Coefficient (q_l) is the result of heat transfer by convection and longwave IR-radiation of that part of the incident solar radiation which has been absorbed by the glazing.

Colour Rendering Index in transmission, D65 (R_a) is the change in colour of an object as a result of the light being transmitted through the glass.

Isonção de responsabilidade

Esta análise de desempenho é fornecida para o propósito limitado de auxiliar o utilizador na avaliação do desempenho dos produtos de vidro identificados neste relatório. Os dados espectrais para produtos fabricados pela Guardian refletem os valores nominais provenientes de amostras de produção típicas ou ensaios de tipo inicial CE, e são sujeitos a variações devido a tolerâncias de produção e de cálculo. Os dados espectrais para produtos não fabricados pela Guardian foram retirados da LBNL International Glazing Database e não foram verificados de forma independente pela Guardian. A Guardian recomenda que seja aprovada uma maquete em tamanho real.

Os valores incluídos são gerados de acordo com as práticas de engenharia estabelecidas e com os padrões de cálculo aplicáveis. Muitos fatores podem afetar as características de envidraçamento, incluindo o tamanho do vidro, a orientação da construção, as sombras, a velocidade do vento, o tipo de instalação, o processo de produção, etc. A aplicabilidade e os resultados da análise estão diretamente relacionados com os contributos dados pelos utilizadores, e qualquer mudança nas condições reais pode ter um efeito significativo nos resultados. É responsabilidade dos utilizadores da análise de garantir que a aplicação pretendida é adequada e cumpre todas as leis, regulamentações, normas, códigos de prática, orientações de processamento e outros requisitos relevantes. A Guardian não garante que os envidraçamentos criados nas ferramentas estejam disponíveis junto da Guardian ou de qualquer outro fabricante. O utilizador tem a responsabilidade de verificar junto do fabricante a disponibilidade de qualquer tipo de vidro ou fabrico. Apesar de a Guardian ter feito um esforço de boa fé para verificar a fiabilidade das ferramentas usadas para esta análise, elas podem conter erros de programação desconhecidos que podem levar a resultados imprecisos. O utilizador assume todos os riscos relacionados com os resultados fornecidos, sendo o único responsável por selecionar produtos apropriados para a aplicação do utilizador. A Guardian não oferece qualquer tipo de garantia explícita ou implícita em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise. Não há garantias de comercialização, não-infração ou adequação para um fim específico em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise, sendo que nenhuma garantia deve ser implícita por força da lei ou de outra forma. As únicas garantias aplicáveis aos produtos da Guardian são as garantias dadas para cada produto, em separado e sob a forma escrita. A Guardian não poderá, de modo algum, ser responsabilizada por danos diretos, indiretos, especiais, consequenciais ou incidentais de qualquer tipo relacionados com ou resultantes do uso das ferramentas e análises da Guardian.

Versão do programa: 4.1.0.8554

Versão da base de dados: 20191025

ANEXO I – Especificação do vidro FF4-C



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

27.10.2019
Por Pammila, Pammila



Novo projeto 02

Nome de composto	Vidrio 1 & revestimento	Vidrio 2 & revestimento	Luz visível			Energia solar		Fator solar (g)	Solar Energy	Thermal Properties
			Transmitância	Refletância		Transmitância	Refletância			
				Visível (T _v %)	ρ _v % ext			ρ _v % int	Solar (T _B %)	ρ _B % ext
Composto padrão 01	SunGuard® HD Silver 10 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	N/A	10,3	44,2	38,0	10,2	40,7	19,6	9,4	4,7

Padrão de cálculo: EN 410:2011 / EN 673:2011

Composto padrão 01

Exterior

LITE 1	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/8" = 3 mm	#1 ----	#2 SunGuard® HD Silver 10 (CE)
--------	---	---------	--------------------------------

Total Unit (Nominal) = 1/8 pol / 3 mm Inclinação = 90°
 PESO ESTIMADO DO CONJUNTO 7,43 kg/m²

Interior

Important Notes

Calculations and terms in this report are based on EN 410:2011/EN 673:2011. The performance values shown above represent nominal values for the center of glass with no spacer system or framing. Solar Factor (g) and Secondary Heat Transfer (qi) are not available for sloped glazing, as no calculation method is prescribed by the standard for these attributes.

The KIWA logo and KIWA Validation Report MD - 14/477/GL are provided as evidence of validation of the Guardian Performance Calculator software, program version 4.1, for execution of calculations of luminous and solar characteristics of glazing and thermal transmittance, according to EN 410:2011 and EN 673:2011.

Produtos laminados:

Não se garante que a configuração de produtos laminados criados seja conforme com as regulamentações de segurança dos produtos laminados relevantes, exceto para produtos Guardian especificamente declarados. É da única responsabilidade do utilizador avaliar se o produto laminado final deve ser certificado de acordo com as normas relevantes e garantir que ele cumpre as regulamentações de segurança dos produtos laminados.

As consequências adicionais para vidro laminado com camada intermédia no lado do revestimento (devido ao contacto entre o revestimento e a camada intermédia) podem incluir (mas não se limitam a): redução significativa do desempenho em termos de segurança devido a algumas combinações de revestimento e camadas intermédias; perda de desempenho em termos de isolamento térmico da superfície virada para a camada intermédia; mudança de cor perceptível; outra deterioração em termos de desempenho.

Non-specular products (translucent or diffuse):

The performance measurement for non-specular (translucent or diffuse) materials such as translucent interlayers or acid etched glass surface, or surface with ceramic frit is limited by the current experimental technologies. Since measurements capture physically only a part of the resulting radiation, calculated performance results provided herein and based on such measurements are not compliant with any standard (including EN 410) and may only be used as a general reference. Actual values may vary significantly based upon exact fabrication process, as well as type, thickness and color of used non-specular material.

Explanation of Terms according to EN 410:2011/EN 673:2011

Visible Light Transmittance (T_v, %) is the percentage of incident light in the wavelength range of 380 nm to 780 nm that is transmitted by the glass.



CALCULADORA DE PERFORMANCE

Ultraviolet (UV) Transmittance (T_{uv} , %) is the percentage of the incident UV component of the solar radiation in the wavelength range of 280 nm to 380 nm that is transmitted by the glass.

Solar Energy Direct Transmittance (T_e , %) is the percentage of incident solar energy in the wavelength range of 300 nm to 2500 nm that is directly transmitted by the glass.

Visible Light Reflectance Outdoors/Indoor (R_v out/in, %) is the percentage of incident visible light directly reflected by the glass.

Solar Direct Reflectance Outdoors/Indoors (R_e out/in, %) is the percentage of incident solar energy directly reflected by the glass.

Solar Energy Absorptance (A_e , %) is the percentage of the sun's energy that is absorbed by glass.

U-Value (U_g , W/m² K) is the glazing parameter that characterizes the heat transfer through the central part of the glazing, i.e. without edge effects, and expresses the steady-state density of heat transfer rate per temperature difference between the environmental temperatures on each side. Temperature differential according to standard conditions: $T=15K^\circ$. The lower the value, the greater is the insulating value. EN 673 defines the value with 1 decimal place. The value is also provided with 3 decimal places for informational purposes.

Solar Factor or Total Solar Energy Transmittance or g-value ($g\%$) is the total solar radiation transmitted by the glass.

Shading Coefficient (sc) is Solar Factor divided by 0.87. It is a measure of the solar heat gain referenced to 3 mm clear glass which has the designated value of 1.00.

Secondary Heat Transfer Coefficient (q_i) is the result of heat transfer by convection and longwave IR-radiation of that part of the incident solar radiation which has been absorbed by the glazing.

Colour Rendering Index in transmission, D65 (R_a) is the change in colour of an object as a result of the light being transmitted through the glass.

Iserção de responsabilidade

Esta análise de desempenho é fornecida para o propósito limitado de auxiliar o utilizador na avaliação do desempenho dos produtos de vidro identificados neste relatório. Os dados espectrais para produtos fabricados pela Guardian refletem os valores nominais provenientes de amostras de produção típicas ou ensaios de tipo inicial CE, e são sujeitos a variações devido a tolerâncias de produção e de cálculo. Os dados espectrais para produtos não fabricados pela Guardian foram retirados da LBNL International Glazing Database e não foram verificados de forma independente pela Guardian. A Guardian recomenda que seja aprovada uma maquete em tamanho real.

Os valores incluídos são gerados de acordo com as práticas de engenharia estabelecidas e com os padrões de cálculo aplicáveis. Muitos fatores podem afetar as características de envidraçamento, incluindo o tamanho do vidro, a orientação da construção, as sombras, a velocidade do vento, o tipo de instalação, o processo de produção, etc. A aplicabilidade e os resultados da análise estão diretamente relacionados com os contributos dados pelos utilizadores, e qualquer mudança nas condições reais pode ter um efeito significativo nos resultados. É responsabilidade dos utilizadores da análise de garantir que a aplicação pretendida é adequada e cumpre todas as leis, regulamentações, normas, códigos de prática, orientações de processamento e outros requisitos relevantes. A Guardian não garante que os envidraçamentos criados nas ferramentas estejam disponíveis junto da Guardian ou de qualquer outro fabricante. O utilizador tem a responsabilidade de verificar junto do fabricante a disponibilidade de qualquer tipo de vidro ou fabrico. Apesar de a Guardian ter feito um esforço de boa fé para verificar a fiabilidade das ferramentas usadas para esta análise, elas podem conter erros de programação desconhecidos que podem levar a resultados imprecisos. O utilizador assume todos os riscos relacionados com os resultados fornecidos, sendo o único responsável por selecionar produtos apropriados para a aplicação do utilizador. A Guardian não oferece qualquer tipo de garantia explícita ou implícita em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise. Não há garantias de comercialização, não-infração ou adequação para um fim específico em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise, sendo que nenhuma garantia deve ser implícita por força da lei ou de outra forma. As únicas garantias aplicáveis aos produtos da Guardian são as garantias dadas para cada produto, em separado e sob a forma escrita. A Guardian não poderá, de modo algum, ser responsabilizada por danos diretos, indiretos, especiais, consequenciais ou incidentais de qualquer tipo relacionados com ou resultantes do uso das ferramentas e análises da Guardian.

Versão do programa: 4.1.0.8554

Versão da base de dados: 20191025

ANEXO J – Especificação do vidro FF4-M



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

27.10.2019
Por Pammila, Pammila



Novo projeto 01

Nome de composto	Vidrio 1 & revestimento	Vidrio 2 & revestimento	Luz visível			Energia solar		Solar Energy	Thermal Properties	
			Transmitância	Refletância		Transmitância	Refletância			Valor U (U _g em W/m ² ·K)
				Visível (t _v %)	ρ _v % ext			ρ _v % int	Solar (t _B %)	
Composto padrão 01	SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	11,1	26,0	24,1	10,1	21,3	25,5	15,4	2,5

Padrão de cálculo: EN 410:2011 / EN 673:2011

Composto padrão 01

Exterior

LITE 1	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/4" = 6 mm	#1 ---- #2 SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE)
BOLSA 1	100% Ar, 20 mm (.787")	
LITE 2	Guardian ExtraClear (CE) Espessura = 1/4" = 6 mm	#3 ---- #4 SunGuard® HD Silver Grey 32 (CE)

Total Unit (Nominal) = 1 9/32 pol / 32 mm Inclinação = 90°
PESO ESTIMADO DO CONJUNTO 28,05 kg/m²

Interior

Important Notes

Calculations and terms in this report are based on EN 410:2011/EN 673:2011. The performance values shown above represent nominal values for the center of glass with no spacer system or framing. Solar Factor (g) and Secondary Heat Transfer (qi) are not available for sloped glazing, as no calculation method is prescribed by the standard for these attributes.

The KIWA logo and KIWA Validation Report MD - 14/477/GL are provided as evidence of validation of the Guardian Performance Calculator software, program version 4.1, for execution of calculations of luminous and solar characteristics of glazing and thermal transmittance, according to EN 410:2011 and EN 673:2011.

Produtos laminados:

Não se garante que a configuração de produtos laminados criados seja conforme com as regulamentações de segurança dos produtos laminados relevantes, exceto para produtos Guardian especificamente declarados. É da única responsabilidade do utilizador avaliar se o produto laminado final deve ser certificado de acordo com as normas relevantes e garantir que ele cumpre as regulamentações de segurança dos produtos laminados.

As consequências adicionais para vidro laminado com camada intermédia no lado do revestimento (devido ao contacto entre o revestimento e a camada intermédia) podem incluir (mas não se limitam a): redução significativa do desempenho em termos de segurança devido a algumas combinações de revestimento e camadas intermédias; perda de desempenho em termos de isolamento térmico da superfície virada para a camada intermédia; mudança de cor perceptível; outra deterioração em termos de desempenho.

Non-specular products (translucent or diffuse):

The performance measurement for non-specular (translucent or diffuse) materials such as translucent interlayers or acid etched glass surface, or surface with ceramic frit is limited by the current experimental technologies. Since measurements capture physically only a part of the resulting radiation, calculated performance results provided herein and based on such measurements are not compliant with any standard (including EN 410) and may only be used as a general reference. Actual values may vary significantly based upon exact fabrication process, as well as type, thickness and color of used non-specular material.


Explanation of Terms according to EN 410:2011/EN 673:2011

Visible Light Transmittance (Tv, %) is the percentage of incident light in the wavelength range of 380 nm to 780 nm that is transmitted by the glass.

Ultraviolet (UV) Transmittance (Tuv, %) is the percentage of the incident UV component of the solar radiation in the wavelength range of 280 nm to 380 nm that is transmitted by the glass.

Solar Energy Direct Transmittance (Te, %) is the percentage of incident solar energy in the wavelength range of 300 nm to 2500 nm that is directly transmitted by the glass.

Visible Light Reflectance Outdoors/Indoor (Rv out/in, %) is the percentage of incident visible light directly reflected by the glass.

Solar Direct Reflectance Outdoors/Indoors (Re out/in, %) is the percentage of incident solar energy directly reflected by the glass.

Solar Energy Absorptance (Ae, %) is the percentage of the sun's energy that is absorbed by glass.

U-Value (Ug, W/m² K) is the glazing parameter that characterizes the heat transfer through the central part of the glazing, i.e. without edge effects, and expresses the steady-state density of heat transfer rate per temperature difference between the environmental temperatures on each side. Temperature differential according to standard conditions: T=15K°. The lower the value, the greater is the insulating value. EN 673 defines the value with 1 decimal place. The value is also provided with 3 decimal places for informational purposes.

Solar Factor or Total Solar Energy Transmittance or g-value (g%) is the total solar radiation transmitted by the glass.

Shading Coefficient (sc) is Solar Factor divided by 0.87. It is a measure of the solar heat gain referenced to 3 mm clear glass which has the designated value of 1.00.

Secondary Heat Transfer Coefficient (q_l) is the result of heat transfer by convection and longwave IR-radiation of that part of the incident solar radiation which has been absorbed by the glazing.

Colour Rendering Index in transmission, D65 (R_a) is the change in colour of an object as a result of the light being transmitted through the glass.

Isonção de responsabilidade

Esta análise de desempenho é fornecida para o propósito limitado de auxiliar o utilizador na avaliação do desempenho dos produtos de vidro identificados neste relatório. Os dados espectrais para produtos fabricados pela Guardian refletem os valores nominais provenientes de amostras de produção típicas ou ensaios de tipo inicial CE, e são sujeitos a variações devido a tolerâncias de produção e de cálculo. Os dados espectrais para produtos não fabricados pela Guardian foram retirados da LBNL International Glazing Database e não foram verificados de forma independente pela Guardian. A Guardian recomenda que seja aprovada uma maquete em tamanho real.

Os valores incluídos são gerados de acordo com as práticas de engenharia estabelecidas e com os padrões de cálculo aplicáveis. Muitos fatores podem afetar as características de envidraçamento, incluindo o tamanho do vidro, a orientação da construção, as sombras, a velocidade do vento, o tipo de instalação, o processo de produção, etc. A aplicabilidade e os resultados da análise estão diretamente relacionados com os contributos dados pelos utilizadores, e qualquer mudança nas condições reais pode ter um efeito significativo nos resultados. É responsabilidade dos utilizadores da análise de garantir que a aplicação pretendida é adequada e cumpre todas as leis, regulamentações, normas, códigos de prática, orientações de processamento e outros requisitos relevantes. A Guardian não garante que os envidraçamentos criados nas ferramentas estejam disponíveis junto da Guardian ou de qualquer outro fabricante. O utilizador tem a responsabilidade de verificar junto do fabricante a disponibilidade de qualquer tipo de vidro ou fabrico. Apesar de a Guardian ter feito um esforço de boa fé para verificar a fiabilidade das ferramentas usadas para esta análise, elas podem conter erros de programação desconhecidos que podem levar a resultados imprecisos. O utilizador assume todos os riscos relacionados com os resultados fornecidos, sendo o único responsável por selecionar produtos apropriados para a aplicação do utilizador. A Guardian não oferece qualquer tipo de garantia explícita ou implícita em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise. Não há garantias de comercialização, não-infração ou adequação para um fim específico em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise, sendo que nenhuma garantia deve ser implícita por força da lei ou de outra forma. As únicas garantias aplicáveis aos produtos da Guardian são as garantias dadas para cada produto, em separado e sob a forma escrita. A Guardian não poderá, de modo algum, ser responsabilizada por danos diretos, indiretos, especiais, consequenciais ou incidentais de qualquer tipo relacionados com ou resultantes do uso das ferramentas e análises da Guardian.

Versão do programa: 4.1.0.8554

Versão da base de dados: 20191025

ANEXO K – Especificação do vidro FT1-M



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

27.10.2019
Por Pammila, Pammila



Novo projeto 06

Nome de composto	Vidrio 1 & revestimento	Vidrio 2 & revestimento	Luz visível			Energia solar		Solar Energy	Thermal Properties	
			Transmitância	Refletância		Transmitância	Refletância			
				Visível (t_v %)	ρ_v % ext			ρ_v % int	Solar (t_g %)	ρ_g % ext
Composto padrão 01	Guardian UltraClear (CE)	SunGuard® HP Neutral 60/40 (CE) em Guardian ExtraClear (CE)	26,1	21,8	7,1	17,0	25,8	33,9	16,9	1,5

Padrão de cálculo: EN 410:2011 / EN 673:2011

Composto padrão 01

Exterior	
LITE 1	Guardian UltraClear (CE) #1 ---- Espessura = 1/4" = 6 mm #2 ----
PVB 1	0.100" (2.54 mm) SentryGlas®
LITE 2	Guardian ExtraClear (CE) #3 ---- Espessura = 1/4" = 6 mm #4 SunGuard® HP Neutral 60/40 (CE)
BOLSA 1	100% Ar, 40 mm (1,575")
LITE 3	Guardian Gray (South America) #5 ---- Espessura = 1/4" = 6 mm #6 ----
Total Unit (Nominal) = 2 7/16 pol / 60,54 mm Inclinação = 90°	
PESO ESTIMADO DO CONJUNTO 44,8 kg/m²	
Interior	

Important Notes

Calculations and terms in this report are based on EN 410:2011/EN 673:2011. The performance values shown above represent nominal values for the center of glass with no spacer system or framing. Solar Factor (g) and Secondary Heat Transfer (q_i) are not available for sloped glazing, as no calculation method is prescribed by the standard for these attributes.

The KIWA logo and KIWA Validation Report MD - 14/477/GL are provided as evidence of validation of the Guardian Performance Calculator software, program version 4.1, for execution of calculations of luminous and solar characteristics of glazing and thermal transmittance, according to EN 410:2011 and EN 673:2011.

Produtos laminados:

Não se garante que a configuração de produtos laminados criados seja conforme com as regulamentações de segurança dos produtos laminados relevantes, exceto para produtos Guardian especificamente declarados. É da única responsabilidade do utilizador avaliar se o produto laminado final deve ser certificado de acordo com as normas relevantes e garantir que ele cumpre as regulamentações de segurança dos produtos laminados.

As consequências adicionais para vidro laminado com camada intermédia no lado do revestimento (devido ao contacto entre o revestimento e a camada intermédia) podem incluir (mas não se limitam a): redução significativa do desempenho em termos de segurança devido a algumas combinações de revestimento e camadas intermédias; perda de desempenho em termos de isolamento térmico da superfície virada para a camada intermédia; mudança de cor perceptível; outra deterioração em termos de desempenho.

Non-specular products (translucent or diffuse):

The performance measurement for non-specular (translucent or diffuse) materials such as translucent interlayers or acid etched glass surface, or surface with ceramic frit is limited by the current experimental technologies. Since measurements capture physically only a



CALCULADORA DE PERFORMANCE

part of the resulting radiation, calculated performance results provided herein and based on such measurements are not compliant with any standard (including EN 410) and may only be used as a general reference. Actual values may vary significantly based upon exact fabrication process, as well as type, thickness and color of used non-specular material.

Explanation of Terms according to EN 410:2011/EN 673:2011

Visible Light Transmittance (T_v , %) is the percentage of incident light in the wavelength range of 380 nm to 780 nm that is transmitted by the glass.

Ultraviolet (UV) Transmittance (T_{uv} , %) is the percentage of the incident UV component of the solar radiation in the wavelength range of 280 nm to 380 nm that is transmitted by the glass.

Solar Energy Direct Transmittance (T_e , %) is the percentage of incident solar energy in the wavelength range of 300 nm to 2500 nm that is directly transmitted by the glass.

Visible Light Reflectance Outdoors/Indoor (R_v out/in, %) is the percentage of incident visible light directly reflected by the glass.

Solar Direct Reflectance Outdoors/Indoors (R_e out/in, %) is the percentage of incident solar energy directly reflected by the glass.

Solar Energy Absorptance (A_e , %) is the percentage of the sun's energy that is absorbed by glass.

U-Value (U_g , W/m² K) is the glazing parameter that characterizes the heat transfer through the central part of the glazing, i.e. without edge effects, and expresses the steady-state density of heat transfer rate per temperature difference between the environmental temperatures on each side. Temperature differential according to standard conditions: $T=15K$. The lower the value, the greater is the insulating value. EN 673 defines the value with 1 decimal place. The value is also provided with 3 decimal places for informational purposes.

Solar Factor or Total Solar Energy Transmittance or g-value (g%) is the total solar radiation transmitted by the glass.

Shading Coefficient (sc) is Solar Factor divided by 0.87. It is a measure of the solar heat gain referenced to 3 mm clear glass which has the designated value of 1.00.

Secondary Heat Transfer Coefficient (q_1) is the result of heat transfer by convection and longwave IR-radiation of that part of the incident solar radiation which has been absorbed by the glazing.

Colour Rendering Index in transmission, D65 (R_a) is the change in colour of an object as a result of the light being transmitted through the glass.

Iserção de responsabilidade

Esta análise de desempenho é fornecida para o propósito limitado de auxiliar o utilizador na avaliação do desempenho dos produtos de vidro identificados neste relatório. Os dados espectrais para produtos fabricados pela Guardian refletem os valores nominais provenientes de amostras de produção típicas ou ensaios de tipo inicial CE, e são sujeitos a variações devido a tolerâncias de produção e de cálculo. Os dados espectrais para produtos não fabricados pela Guardian foram retirados da LBNL International Glazing Database e não foram verificados de forma independente pela Guardian. A Guardian recomenda que seja aprovada uma maquete em tamanho real.

Os valores incluídos são gerados de acordo com as práticas de engenharia estabelecidas e com os padrões de cálculo aplicáveis. Muitos fatores podem afetar as características de envidraçamento, incluindo o tamanho do vidro, a orientação da construção, as sombras, a velocidade do vento, o tipo de instalação, o processo de produção, etc. A aplicabilidade e os resultados da análise estão diretamente relacionados com os contributos dados pelos utilizadores, e qualquer mudança nas condições reais pode ter um efeito significativo nos resultados. É responsabilidade dos utilizadores da análise de garantir que a aplicação pretendida é adequada e cumpre todas as leis, regulamentações, normas, códigos de prática, orientações de processamento e outros requisitos relevantes. A Guardian não garante que os envidraçamentos criados nas ferramentas estejam disponíveis junto da Guardian ou de qualquer outro fabricante. O utilizador tem a responsabilidade de verificar junto do fabricante a disponibilidade de qualquer tipo de vidro ou fabrico. Apesar de a Guardian ter feito um esforço de boa fé para verificar a fiabilidade das ferramentas usadas para esta análise, elas podem conter erros de programação desconhecidos que podem levar a resultados imprecisos. O utilizador assume todos os riscos relacionados com os resultados fornecidos, sendo o único responsável por selecionar produtos apropriados para a aplicação do utilizador. A Guardian não oferece qualquer tipo de garantia explícita ou implícita em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise. Não há garantias de comercialização, não-infração ou adequação para um fim específico em relação às ferramentas usadas pela Guardian e por esta análise, sendo que nenhuma garantia deve ser implícita por força da lei ou de outra forma. As únicas garantias aplicáveis aos produtos da Guardian são as garantias dadas para cada produto, em separado e sob a forma escrita. A Guardian não poderá, de modo algum, ser responsabilizada por danos diretos, indiretos, especiais, consequenciais ou incidentais de qualquer tipo relacionados com ou resultantes do uso das ferramentas e análises da Guardian.



CALCULADORA DE
PERFORMANCE

Versão do programa: 4.1.0.8554
Versão da base de dados: 20191025