



**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
COBERTURAS PARA EDIFÍCIOS COMERCIAIS:
ESCRITÓRIOS**

LARA MONALISA ALVES DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO
CIVIL DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
COBERTURAS PARA EDIFÍCIOS COMERCIAIS:
ESCRITÓRIOS**

LARA MONALISA ALVES DOS SANTOS

ORIENTADOR: Dr. CLÁUDIO HENRIQUE DE A. F. PEREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL**

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, LARA MONALISA ALVES DOS

Metodologia de avaliação de sistemas de coberturas para edifícios comerciais: Escritórios.

257p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Estruturas e Construção Civil, 2019).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Sistemas de Cobertura

3. Avaliação de Desempenho

2. Inspeção de Coberturas

4. Edifícios Públicos

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Mestre)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTOS, L. M. A. (2019). Metodologia de avaliação de sistemas de coberturas para edifícios comerciais: Escritórios. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação DM-26A/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 257p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Lara Monalisa Alves dos Santos

TÍTULO: Metodologia de avaliação de sistemas de coberturas para edifícios comerciais: escritórios.

GRAU: Mestre em Estruturas e Construção Civil

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Lara Monalisa Alves dos Santos
Águas Claras – DF – Brasil
laramonalisa.arquitetura@gmail.com

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE COBERTURAS PARA
EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ESCRITÓRIOS

LARA MONALISA ALVES DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Dr. Cláudio Henrique de A. F. Pereira (PECC - UnB)
(Orientador)

Prof^a. Dra. Michele Tereza Marques Carvalho (PECC - UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Dra. Andrielli Moraes de Oliveira (UFG)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA - DF, DEZEMBRO DE 2019.

*Sedes fortes e corajosos, não temeis, nem vos atemorizeis diante deles, porque o Senhor, o seu **Deus**, é quem vai convosco; não vos deixará, nem vos abandonará".*

(Deuteronômio 31:6)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, depois a Nossa Senhora pela graça alcançada de me ingressar no mestrado, e por estar ao meu lado em todos os desafios encontrado durante esses dois anos, sempre havia uma luz, uma solução, me aparando em cada angústia e me abençoando a cada conquista.

Aos meus pais, Uelton e Vanusa, por abrir mão dos seus sonhos em prol de cada conquista, e por sempre me incentivarem a estudar cada vez mais, e a minha irmã, Larissa pela companhia.

Ao meu orientador, professor Cláudio Henrique, por aceitar a me orientar e por me fazer acreditar que poderia ir além dos meus conhecimentos de formação. Obrigada pela sua disposição e pela paciência em cada ensinamento.

Ao escritório Síntese Acústica Arquitetônica e em especial a Cândida Maciel, pela disponibilidade e pela ajuda nas simulações acústicas.

Ao meu noivo, Thiago Cristiano, pelo companheirismo e palavras de incentivo de que tudo daria certo e que seria capaz, com você a caminhada foi mais tranquila.

Aos colegas de mestrado Carla, Rachel e Fernanda, por me ajudar em cada momento que precisei, pela cumplicidade, palavras amigas e trocas de valores.

Aos meus amigos Kennedy e Maria Luiza que mesmo distantes sempre estavam presentes e aptos a me ouvir e me aparar nas horas em que mais precisei.

À Universidade de Brasília e ao programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil por ter me concedido a oportunidade de realizar o mestrado. E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro durante a elaboração da dissertação.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com a realização desta dissertação.

RESUMO

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE COBERTURAS PARA EDIFÍCIOS COMERCIAIS: ESCRITÓRIOS

Autora: Lara Monalisa Alves dos Santos

Orientador: Cláudio Henrique de A. F. Pereira

Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

Brasília, Dezembro 2019.

Com o desenvolvimento de novos sistemas construtivos no mercado brasileiro, tem sido negligenciado o seu desempenho frente a sua utilização na envoltória das edificações. Estes sistemas devem apresentar um desempenho térmico e acústico apropriados ao clima local e ao entorno da implantação. Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de avaliação para sistemas atuais de cobertura de edifícios de escritório e elaboração de propostas para adequação do atendimento às novas exigências normativas brasileiras. A escolha do objeto de estudo, edifícios dos Ministérios, deu-se pela importância de sua localização, sendo uma área nobre de Brasília, além de apresentar um número significativo de coberturas. Para tanto, foram elaborados quatro critérios de atendimento para a avaliação, e utilizado uma Matriz de escolha dos materiais para a composição dos novos sistemas, desde que obtivesse atendimento aos quatro critérios. Esses critérios foram elaborados a partir do atendimento aos parâmetros normativos brasileiros termofísicos e acústicos, ambos com cálculos realizados pelo método simplificado, descrito na ABNT NBR 15220:2005. Já para os critérios funcionais fez-se uso de fichas de inspeção de anomalias, categorizando o estado atual dos sistemas de coberturas e as exigências presentes na ABNT NBR 15575-1:2013, visando uma cobertura segura e funcional aos usuários da edificação. Os critérios das ações e limitações de tombamento foram baseados em resoluções e manuais fornecidos pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Os principais resultados obtidos demonstraram que os sistemas atuais de cobertura não atendem aos critérios funcionais e térmicos, mas são satisfatórios com relação aos critérios acústicos. As ações de tombamento aplicadas a estas edificações concentraram-se em Modificação total com a substituição da proteção mecânica e o Reparo/Manutenção com a limpeza das sujidades superficiais. Por meio da Matriz de escolha dos materiais, foi proposto a montagem de 10 sistemas, embora apenas cinco atenderam aos quatro critérios criados, sendo sistemas capazes de promover a geração de energia solar e captação de água da chuva.

Palavras-Chave: sistemas de cobertura, inspeção de coberturas, avaliação de desempenho, edifícios públicos.

ABSTRACT

EVOLUATION METHODOLOGY OF COVERAGE SYSTEMS FOR COMMERCIAL BUILDINGS: OFFICES

Author: Lara Monalisa Alves dos Santos

Supervisor: Cláudio Henrique de A. F. Pereira

Postgraduate program in Structural Engineering and Construction

Brasília, December 2019

With the development of new building systems in the Brazilian market, its performance was neglected in view of its use in the building envelope. These systems must exhibit thermal and acoustic performance appropriate to the local climate and the surrounding environment. This paper aims to propose an evaluation methodology for current office building roofing systems and to elaborate proposals for the adequacy of compliance with the new Brazilian regulatory requirements. The choice of the object of study, buildings of the Ministries, was due to the importance of its location, being a noble area of Brasilia, besides presenting a significant number of roofs. To this end, four servisse criteria were elaborated for the evaluation, and a Matrix of choice of materials for the composition of the new systems was used, provided that the four criteria were met. These criteria were elaborated based on compliance with Brazilian thermophysical and acoustic normative parameters, both with calculations performed by the simplified method described in ABNT NBR 15220:2005. For the functional criteria, anomaly inspection sheets were used, categorizing the current state of the roofing systems and the requirement of ABNT NBR 15575-1:2013, aiming at a safe and functional coverage for users of the building. The action criteria and tipping limitations were based on resolutions and manuals provided by the Institute of National Historical and Artistic Heritage (IPHAN). The main results obtained demonstrated that the current roofing systems do not meet the functional and thermal criteria, but are satisfactory regarding the acoustic criteria. The tipping actions applied to these buildings focused on Total Modification with the replacement of the mechanical protection and Repair/Maintenance with the cleaning of surface dirt. Through the Matrix of choice of materials, it was proposed to assemble 10 systems, although only five met the four criteria created, being systems capable of promoting solar energy generation and rainwater capture.

Key-words: roofing systems, roofing inspection, performance evaluation, public buildings.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Radiação solar recebida nas fachadas dos edifícios nas orientações predominantes.	23
Tabela 2 - Características da envoltória	25
Tabela 3 - Descrição do Distrito Federal.....	26
Tabela 4 - Requisitos de usuário – ISO 6241:1984.....	29
Tabela 5 – Continuação da Tabela 4.	30
Tabela 6 - Características térmicas dos materiais	37
Tabela 7 – Continuação da Tabela 6.	38
Tabela 8 - Fator K de correção em função da frequência.....	46
Tabela 9 - Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica	49
Tabela 10 - Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica .	50
Tabela 11 - Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 4	52
Tabela 12 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa	52
Tabela 13 - Critérios da cobertura quanto à Transmitância térmica.....	53
Tabela 14 - Critérios de absorvância em coberturas.	54
Tabela 15 - Parâmetros acústicos de avaliação	56
Tabela 16 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m, nT, w}$, para ensaios de campo (fachadas e coberturas).....	56
Tabela 17 - Níveis de pressão sonora equivalentes L_{Aeq} incidentes a 2 metros das fachadas das edificações para cada classe de ruído considerada para (fachada e cobertura)	57
Tabela 18 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.....	58
Tabela 19 – Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso	58
Tabela 20 – Continuação da Tabela 19.	59
Tabela 21 - A que se refere o artigo 6.º, n. º1	61
Tabela 22 - Principais anomalias detectadas na superfície corrente de 20 inspeções realizadas em coberturas inclinadas	66
Tabela 23 - Classificação das anomalias em coberturas planas.	66
Tabela 24 – Periodicidade de Inspeção de Sistemas de Cobertura e Estrutural prescrito pela ABNT NBR 5674:2012.....	68
Tabela 25 – Proposta de classificação de anomalias em EFM de coberturas de edifícios prescritos pela ABNT NBR 5674:2012.....	73
Tabela 26 – Proposta de classificação de prioridade de intervenção em EFM de coberturas..	74
Tabela 27 - Síntese da descrição das categorias de verificação das exigências funcionais de cobertura em escritório e in loco.	80
Tabela 28 – Continuação da Tabela 27.	81
Tabela 29 – Continuação da Tabela 28.	82
Tabela 30 – Resultado da seleção das publicações.....	83
Tabela 31 – Continuação da Tabela 30.	84
Tabela 32 - Categorias e distribuição de pesos.....	85
Tabela 33 – Continuação da Tabela 32.	86

Tabela 34 – Classificação das exigências funcionais da cobertura, adaptado de Rocha (2008) e Lopes (1994, apud MORGADO, 2012)	86
Tabela 35 – Continuação da Tabela 34.	87
Tabela 36 – Continuação da Tabela 35.	88
Tabela 37 - Continuação da Tabela 36.	89
Tabela 38 – Requisitos e critérios para o atendimento ao desempenho térmico do sistema de cobertura.	91
Tabela 39 – Parâmetros para Sistemas de cobertura conforme ABNR NBR 15220:2003.....	92
Tabela 40 – Requisitos e critérios para o atendimento ao desempenho acústico do sistema de cobertura.	92
Tabela 41 – Exigências de tombamento	95
Tabela 42 – Continuação da Tabela 41.	96
Tabela 43 – Continuação da Tabela 42.	97
Tabela 44 – Matriz de escolha dos materiais e seus critérios normativos.	97
Tabela 45 – Dados de entrada para o método simplificado.....	101
Tabela 46 – Coberturas dos Blocos “E” e “R”.	104
Tabela 47 - Planta esquemática do zoneamento em amarelo da proteção mecânica dos sistemas de cobertura.	107
Tabela 48 – Propriedades térmicas dos materiais e elementos construtivos dos atuais sistemas de cobertura.	107
Tabela 49 – Continuação da Tabela 48.	108
Tabela 50 – Avaliação do desempenho acústico do atual sistema.	108
Tabela 51 – Continuação da Tabela 50.	109
Tabela 52 – Matriz de escolha dos materiais e sistemas de cobertura.	109
Tabela 53 – Continuação da Tabela 52.	110
Tabela 54 – Continuação da Tabela 53.	111
Tabela 55 - Composição dos sistemas propostos	111
Tabela 56 – Continuação da Tabela 55.	112
Tabela 57 – Características e propriedades térmicas dos sistemas propostos	113
Tabela 58 – Continuação da Tabela 57.	114
Tabela 59 – Características e propriedades acústicas dos materiais propostos	114
Tabela 60 – Continuação da Tabela 59.	115
Tabela 61 – Resumo das tipologias dos atuais sistemas de cobertura.....	117
Tabela 62 - Folha de identificação do Bloco “E”; modelo proposto por Morgado (2012). ...	119
Tabela 63 - Caracterização da cobertura do Bloco “E”; modelo proposto por Morgado (2012)	120
Tabela 64 - Folha de identificação do Bloco “R”; modelo proposto por Morgado (2012)...	125
Tabela 65 – Continuação da Tabela 64.	126
Tabela 66- Caracterização da cobertura do Bloco “R”; modelo proposto por Morgado (2012)	126
Tabela 67 – Identificação das anomalias existentes no Bloco “E” para Prioridade de Intervenção.	132
Tabela 68 – Procedimento para definição da prioridade de Intervenção da cobertura do Bloco “E”.	132
Tabela 69 – Continuação da Tabela 68.	133

Tabela 70 - Identificação das anomalias existentes no Bloco “R” para Prioridade de Intervenção.	133
Tabela 71 – Procedimento para definição da prioridade de Intervenção da cobertura do Bloco “R”	134
Tabela 72 – Continuação da Tabela 71.	134
Tabela 73 – Aplicação das exigências funcionais dos sistemas atuais.....	140
Tabela 74 – Continuação da Tabela 73.	141
Tabela 75 – Total de atendimento das exigências dos sistemas atuais.....	142
Tabela 76 - Continuação da Tabela 75.	143
Tabela 77 – Avaliação das propriedades térmicas dos sistemas atuais de cobertura	144
Tabela 78 – Avaliação das propriedades acústica dos sistemas atuais de cobertura.....	148
Tabela 79 – Continuação da Tabela 78.	149
Tabela 80 - Aplicação das exigências funcionais para os novos sistemas	153
Tabela 81 - Total de atendimento das exigências para os sistemas propostos	158
Tabela 82 – Valores-limite para as características termo físicas segundo as normas ABNT NBR 15575:2013, ABNT NBR 15220:2005 e RTQ-C:2010 e os resultados dos sistemas propostos.	159
Tabela 83 – Continuação da Tabela 82.	160
Tabela 84 - Análise das propriedades acústicas dos sistemas propostos para a cobertura	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitação da área tombada do conjunto urbanístico de Brasília.....	10
Figura 2 - Esplanada dos Ministérios.	11
Figura 3 - Montagem das estruturas metálicas e colocação das esquadrias dos primeiros prédios da Esplanada dos Ministérios.	12
Figura 4 - Construção dos edifícios da Esplanada dos Ministérios.....	12
Figura 5 - Eixo Monumental e a Esplanada dos Ministérios.....	22
Figura 6 - Orientação predominante nos Edifícios dos Ministérios.....	23
Figura 7 - Corte esquemático da setorização.....	24
Figura 8 - Dados climáticos.....	27
Figura 9 - Leq: horário de pico vespertino em Brasília.....	28
Figura 10 - Matriz de partes e atributos: (a) abordagem prescritiva e (b) baseada no desempenho.	31
Figura 11 - Comportamentos da radiação.	35
Figura 12 - Formas de propagação de onda incidente sobre determinada superfície.....	42
Figura 13 - Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras.	51
Figura 14 - Comparação entre critérios de desempenho acústico (ruído aéreo) brasileiro e de alguns países que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação.	62
Figura 15 - Origens dos problemas levantados na pesquisa de campo.	67
Figura 16 – Principais efeitos dos problemas de impermeabilização levantados na pesquisa de campo.	67
Figura 17 – Metodologia Proposta	77
Figura 18 – Procedimentos do Mapeamento sistemático da literatura.....	83
Figura 19 – Escala tipo Likert com dois pontos.	84
Figura 20 – Escala tipo Likert com três pontos.....	84
Figura 21 - Escala tipo Likert com seis pontos.	84
Figura 22 - Situação dos Edifícios na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília; - 15.763476° Latitude e -47.872465° Longitude.....	99
Figura 23 - Situação dos Edifícios dos Ministérios com as iniciais de cada Bloco.	100
Figura 24 - Situação dos Edifícios dos Ministérios com a localização dos Blocos inspecionados.	102
Figura 25 – Cobertura Bloco “E” / Figura 26 – Estrutura de suporte metálico Bloco “E”... ..	103
Figura 27– Cobertura Bloco “R” / Figura 28 – Estrutura de suporte de madeira Bloco “R”. ..	103
Figura 29 - Esquema das camadas de cobertura Bloco “E”.	105
Figura 30 – Esquema das camadas de cobertura Bloco “R”.	106
Figura 31 – Esquema das camadas de cobertura da Manta betuminosa.....	106
Figura 32 – Tipologias dos sistemas atuais de cobertura dos edifícios dos ministérios.....	116
Figura 33 – Planta de zoneamento da cobertura do Bloco “E”.	120
Figura 34 – Estrutura de suporte - Zona 01.	121
Figura 35 e Figura 36 - Estrutura de suporte - Zona 01.	122
Figura 37 - Estrutura de suporte - Zona 02.....	122
Figura 38 e Figura 39 - Estrutura de suporte - Zona 03.	123
Figura 40 e Figura 41 - Estrutura de suporte - Zona 04.	123
Figura 42 e Figura 43 - Estrutura de suporte - Zona 04.	124

Figura 44 Planta de zoneamento da cobertura do Bloco “R”.	127
Figura 45 e Figura 46 – Aplicação da Argamassa Polimérica Cinza para o estancamento das infiltrações.	127
Figura 47 e Figura 48 – Fissuração e desagregação na proteção mecânica.	128
Figura 49 e Figura 50 - Aplicação de uma Argamassa Polimérica Cinza para o estancamento das infiltrações.	128
Figura 51 e Figura 52 – Desagregação do concreto e fissurações na proteção mecânica.	129
Figura 53 e Figura 54 – Desagregação do concreto e fissurações na proteção mecânica.	129
Figura 55 e Figura 56 – Acumulação de vegetação parasitária.	130
Figura 57- Análise da prioridade de intervenção por EFM.	135
Figura 58 - Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “E”	136
Figura 59 – Análise da prioridade de intervenção por EFM.	137
Figura 60 – Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “R”.	138
Figura 61 – Contribuição relativa de cada grupo de anomalias nas coberturas do Bloco “E” e Bloco “R”.	139
Figura 62 – Análise dos Parâmetros normativos de Absortância e os Sistemas propostos.	145
Figura 63 – Análise das três normativas brasileiras e os Parâmetros para Transmitância Térmica para os Sistemas propostos.	146
Figura 64 - Análise dos Níveis de desempenho de Transmitância Térmica e os Sistemas propostos.	146
Figura 65 - Análise de atenuação dos Sistemas atuais e Parâmetros normativos.	150
Figura 66 – Análise das três normativas brasileiras e os Parâmetros para Transmitância Térmica para os Sistemas Propostos.	162
Figura 67 - Análise dos Níveis de desempenho de Transmitância Térmica e os Sistemas propostos.	162
Figura 68 – Análise dos Parâmetros normativos de Absortância e os Sistemas propostos.	164
Figura 69 – Análise de atenuação dos Sistemas propostos e os Parâmetros normativos.	168

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI/SPRI/ VF	<i>Extrenal Fire Design Standard for Vegetation Roofs</i>
ASTM	<i>American Society of Testing and Materials</i>
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CIB	<i>Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CFC	Clorofluorcarbono
CNPq	Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO ₂	Dióxido de carbônico
CREA	Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia
DF	Distrito Federal
EFM	Elementos Fontes de Manutenção
ENC	Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
EPS	Poliestireno Expansível
GEEs	Gases de Efeito Estufa
IBAPE	Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia
IBRAM	Instituto Brasília Ambiental
ICOMOS	Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metereologia, Qualidade e Tecnologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i>

LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LMR	Limpeza, manutenção e reparação
MCTIC	Ministério da ciência, tecnologia, inovação e comunicações
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NPS	Nível de Pressão Sonora
PROJETEEE	Projetando edificações energeticamente eficientes
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
RII	<i>Relative Importance Index</i>
RILEM	<i>Reunión Internationale de Laboratoires d'Essais et de recherches sur les Materiaux et construction</i>
RTQ-C	Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços públicos
RRT	Registro de Responsabilidade Técnica
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
α	Absortância térmica
φ	Atraso térmico
ε	Emissividade térmica
ρ	Refletância térmica/Massa específica do material
λ	Condutividade térmica
c	Calos específico
τ	Transmissividade do vidro
C	Ruído rosa

C_T	Capacidade térmica
C_{tr}	Ruído de tráfego
dB	Decibel
$D_{2m,n}$	Diferença de nível normalizado
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada
$D_{2m, nT, w}$	Diferença padronizada de nível ponderado para as vedações externas
FS_o	Fator solar de elementos opacos
FS_t	Fator solar de elementos transparentes ou translúcidos
h_r	Coefficiente de trocas térmicas de calor
Hz	Frequência
L_{Aeq}	Nível de pressão sonora equivalente
$L'_{nT, w}$	Índice de isolamento sonoro a sons de percussão
L_{eq}	Nível de ruído equivalente
R	Resistência térmica de elementos e componentes
RL_{Aeq}	Nível de pressão sonora equivalente ponderada em A
RL_{ASmax}	Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e ponderado em S
RL_{NC}	Nível
RRAE	Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios
R_w	Índice de redução sonora
U	Transmitância térmica
U_{cob}	Transmitância térmica da cobertura

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES	xiv
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 MOTIVAÇÃO.....	4
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	5
1.3.1 Objetivo geral	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	6
CAPÍTULO 2 - ARQUITETURA MODERNA E PRESERVAÇÃO	8
2.1 A PROTEÇÃO DO CONJUNTO URBANÍSTICO DE BRASÍLIA	8
2.2 A ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS.....	11
2.3 ALTERAÇÃO DE OBRA INTELECTUAL DE ARQUITETURA E URBANISMO	19
2.4 DECLARAÇÕES E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	20
2.5 OBJETO DE ESTUDO: EDIFÍCIOS DOS MINISTÉRIOS.....	22
2.5.1 Localização e orientação	23
2.5.2 Tipologia arquitetônica.....	24
2.5.3 Aspectos bioclimáticos do Distrito Federal.....	25
2.5.4 Mapa de ruído de Brasília	27
CAPÍTULO 3 – DESEMPENHO AMBIENTAL: TÉRMICO E ACÚSTICO	29
3.1 CONCEITO DE DESEMPENHO.....	29
3.2 DESEMPENHO TÉRMICO	31
3.2.1 Trocas térmicas	34
3.2.1.1 Transmissão de calor por radiação	34
3.2.2 Radiação solar e o edifício	35
3.2.3 Propriedades térmicas dos materiais.....	36
3.3 DESEMPENHO ACÚSTICO	40
3.3.1 Ruído do Entorno.....	43
3.3.2 Isolamento sonoro	45
3.3.3 Método simplificado de avaliação do isolamento sonoro.....	45

3.4 REVISÃO NORMATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO	47
3.4.1 Desempenho	47
3.4.2 Normativas de desempenho térmico.....	48
3.4.2.1 ANBT NBR 15.575:2013 – Desempenho Térmico	48
3.4.2.2 ABNT NBR 15220:2005 – Desempenho Térmico	50
3.4.2.3 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C:2010	52
3.4.3 Normativas de desempenho acústico	54
3.4.3.1 ABNT NBR 15.575:2013 – Desempenho acústico.....	55
3.4.3.2 ABNT NBR 10151:2019.....	57
3.4.3.3 ABNT NBR 10152:2017	58
3.4.3.4 ISO 12354-3:2000	59
3.4.3.5 Normas internacionais de medições e ensaio de isolamento sonoro aéreo	61
3.5 COBERTURAS.....	63
3.5.1 Requisitos de desempenho dos sistemas de cobertura	63
3.5.1.1 Segurança	64
3.5.1.2 Habitabilidade.....	64
3.5.1.3 Durabilidade	65
3.5.1.4 Economia	65
3.5.2 Patologias em sistemas de cobertura	65
3.5.3 Inspeção de sistemas de cobertura.....	68
3.5.3.1 IBAPE – Norma de Inspeção Predial Nacional.....	68
3.5.4 Considerações específicas acerca da inspeção de sistema de cobertura.....	71
3.5.5 Caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes de cobertura e definição do critério para prioridade de intervenção.....	71
3.5.5.1 Vistoria	75
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA	76
4.1 REQUISITOS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS DE COBERTURA.....	78
4.1.1 Caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes de cobertura	78
4.1.2 Requisitos básicos e constituintes dos sistemas de cobertura.....	79
4.1.2.1 Mapeamento Sistemático da Literatura	82
4.1.2.2 Quantificação e ponderação dos resultados encontrados	83
4.2 REQUISITOS DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DOS SISTEMAS DE COBERTURA	89

4.2.1	Desempenho térmico do sistema	90
4.2.2	Desempenho acústico do sistema	92
4.2.2.1	Requisito – Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos (fontes de emissão externas).....	92
4.3	REQUISITOS DE TOMBAMENTO DE COBERTURA.....	94
4.4	MATRIZ DE ESCOLHA DOS MATERIAIS DE COBERTURA	97
4.4.1	Critérios arquitetônicos para a escolha dos materiais.....	98
4.5	VERIFICAÇÃO DA METODOLOGIA: APLICAÇÃO NO ESTUDO PILOTO....	98
4.5.1	Consideração final do estudo piloto	99
CAPÍTULO 5 - OBJETO DE ESTUDO: EDIFÍCIOS DA ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS		100
5.1	DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	100
5.2	ANÁLISE DE INSPEÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURA DOS EDIFÍCIOS DOS MINISTÉRIOS	101
5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA	105
5.3.1	Propriedades térmicas dos materiais do sistema de cobertura.....	107
5.3.2	Propriedades acústicas dos materiais do sistema de cobertura	108
5.4	DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO POR MEIO DA MATRIZ DE ESCOLHA	109
5.4.1	Propostas e soluções para o Sistema de Cobertura.....	111
5.4.2	Características e propriedades térmicas dos sistemas propostos	113
5.4.3	Características e propriedades acústicas dos materiais propostos.....	114
5.5	ANÁLISE DE DANOS DOS SISTEMAS DE COBERTURA.....	116
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....		118
6.1	DIAGNÓSTICO DA INSPEÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURA E CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO – VISTORIA EXTERNA	118
6.1.1	Vistoria dos sistemas de cobertura – Bloco “E”	119
6.1.1.1	Diagnóstico.....	124
6.1.2	Vistoria dos sistemas de cobertura – Bloco “R”.....	125
6.1.2.1	Diagnóstico.....	130
6.1.3	Prioridade de Intervenção das Anomalias no Bloco “E”	131
6.1.4	Prioridade de Intervenção das Anomalias no Bloco “R”	133
6.1.5	Análise da inspeção dos sistemas de cobertura Bloco “E” e “R”.....	135
6.1.5.1	Bloco “E”.....	135
6.1.5.2	Bloco “R”	136

6.1.6 Considerações finais do item	140
6.2 AVALIAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA	140
6.2.1 Considerações finais do item	143
6.3 DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA	143
6.3.1 Avaliação do desempenho térmico dos sistemas atuais	143
6.3.2 Avaliação do desempenho acústico dos sistemas atuais.....	147
6.3.3 Considerações finais do item	151
6.4 AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÃO DO TOMBAMENTO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA	151
6.5 ANÁLISES DAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS PROPOSTOS	152
6.5.1 Considerações finais do item	158
6.6 ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO – SISTEMAS PROPOSTOS	159
6.6.1 Considerações finais do item	165
6.7 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO – SISTEMAS PROPOSTOS	166
6.7.1 Considerações finais do item	169
6.8 ANÁLISES DAS LIMITAÇÕES DE TOMBAMENTO.....	169
6.9 AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE COBERTURA.....	170
7. CONCLUSÕES.....	172
7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	174
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
ANEXO I – FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA	187
ANEXOS II – REQUISITOS BÁSICOS E CONSTITUINTES DOS SISTEMAS DE COBERTURA.....	201
ANEXO III – DADOS DE ENTRADA PARA O MÉTODO SIMPLIFICADO	220

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O Brasil vivenciou, desde o início dos anos 2000, uma grande expansão no setor da construção civil decorrente do crescimento econômico da estabilidade do país, da melhoria crescente dos índices macroeconômicos brasileiros e da grande capitalização do setor com a abertura de capital de crédito para diversas incorporadoras e construtoras. A partir deste cenário, o mercado buscou formas para diminuir os custos e agilizar o processo de construção e, conseqüentemente, houve a redução na qualidade das edificações brasileiras (SANTOS FILHO; SPOSTO; CALDAS, 2017).

O surgimento e utilização de novos sistemas construtivos impostos no mercado da construção, nem sempre estão de acordo com as melhores condições de uso pelo ser humano, principalmente no que diz respeito ao desempenho térmico e acústico. Estruturas e vedações cada vez mais leves, muitas vezes não atendem aos critérios mínimos de desempenho térmico e acústico estabelecidos pelas normativas (MACIEL, 2013). A avaliação do desempenho de uma edificação vai além de verificações da qualidade dos materiais e técnicas construtivas. A sua amplitude deu-se pelo fato de serem consideradas as exigências dos usuários e os impactos da edificação sobre estes habitantes (TRIANA; LAMBERTS; SASSI, 2018). Atualmente muitos projetos no setor residencial apresentam desempenho médio ou baixo em termos de eficiência energética e conforto térmico.

A implantação da norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013 trouxe parâmetros quantitativos que podem ser medidos para a diminuição das incertezas dos critérios subjetivos na construção civil e regula as relações da cadeia econômica. Esta norma entrou em vigor apenas no ano de 2013 e tem passado por revisões. Dentre os requisitos que motivaram a revisão da norma, está o conforto térmico (SOUSA, 2014). No desempenho térmico ela é complementada pela ABNT NBR 15220:2005 que abrange o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações de interesse social, além de apresentar os métodos de cálculo das propriedades térmicas dos materiais que compõem as edificações (CINTRA, 2017).

As normas de desempenho térmico e acústico têm como um de seus objetivos avaliar a envoltória da edificação, identificando aquelas que são adequadas e que irão garantir um desempenho mínimo no qual seus usuários possam sentir-se em conforto. Para garantir um desempenho térmico mínimo, as normas brasileiras atuais com esse enfoque delimitam os

ganhos de calor através das superfícies externas opacas, principalmente, estabelecendo valores-limite para as características termofísicas de transmitância, absorvância e capacidade térmica. Com relação ao desempenho acústico, a norma de desempenho orienta a consultar outras normativas específicas, mas também estabelece valores mínimos de atendimento (FERREIRA; SOUZA; ASSIS, 2017).

Estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente (2015) explica que a envoltória é responsável por promover as trocas de energia entre o exterior e o interior de uma edificação. A envoltória da edificação é composta por elementos construtivos que promovem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo expostos à radiação solar incidente, e estão acima do nível do solo, em contato com o exterior ou com outro edifício, como coberturas, paredes, fachada e aberturas (INMETRO, 2013). Além disso, Klein *et al.* (2004) apontam que parte dos problemas de patologia dos edifícios, que comprometem seu desempenho, podem ser provenientes de falhas na envoltória.

Dentre os elementos da envoltória, a cobertura é um componente essencial dos edifícios, protege-os da precipitação e atenuam as temperaturas em situações climáticas extremas, sendo, portanto, uma área nobre da edificação, capaz de captar recursos como água e energia. A cobertura exerce funções importantes nos edifícios, desde a contribuição para preservação da saúde do usuário até a própria proteção do corpo da construção, interferindo diretamente na durabilidade dos demais elementos que a compõem. Para que sejam eficientes, devem apresentar características tais como estanqueidade, resistência ao impacto, leveza e durabilidade, além de propriedades termofísicas adequadas às condições climáticas externas, e aspectos como o conforto acústico (sons aéreos e de percussão) (DIAS, 2011).

Para que as coberturas desempenhem adequadamente suas funções, devem verificar um conjunto de requisitos. Estes requisitos dependerão da função essencial de proteção, mas também de funções específicas, tipologias de uso e de processos construtivos adotados. As principais exigências que um sistema de cobertura deve satisfazer referem-se ao conforto térmico e ao desempenho face a ações susceptíveis de degradá-lo a longo prazo. As soluções de cobertura devem ser economicamente viáveis, competitivas, “amiga” do meio ambiente de forma que minimize os desperdícios de energia (RATO; BRITO, 2003).

Tratando-se de edifícios tombados pelo Iphan, de acordo com Guimarães (2017), o Brasil tem apresentado um natural e progressivo envelhecimento dos seus bens culturais. O Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) relatou que existem mais de 45 mil imóveis tombados no Brasil. As principais edificações responsáveis pela formação da

identidade cultural do país, foram construídos entre 1930 a 1960 e classificados como arquitetura moderna brasileira.

A principal realidade desta arquitetura é o seu notório envelhecimento, visto que já se passaram mais de sessenta anos e os materiais vem sofrendo uma degradação natural. Além disso, houve mudanças na cultura, usos e costumes sociais, evoluções científicas e tecnológicas, fazendo com que sejam necessárias adequações para satisfação das necessidades dos usuários.

O enfoque deste trabalho são edifícios de escritório e a normativa que estabelece os valores-limite para os requisitos térmico é a Portaria do Inmetro nº372/2010 por meio dos Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Este regulamento foi criado pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para a classificação do nível de eficiência energética de edificações, destinado a obtenção da etiquetagem com as alterações de elementos da envoltória, e equipamentos (iluminação e condicionamento de ar) com etiquetagem nível “A”, mais eficiente. Somente para os edifícios públicos do Poder Executivo Federal, devido à publicação da Instrução Normativa SLTI/MP Nº02 de 2014.

Este trabalho traz subsídios para a adequação das coberturas presentes em edificações já construídas e propostas de novos sistemas para o atendimento as atuais exigências normativas. Portanto, foi necessário a criação de uma metodologia que atendesse aos critérios e requisitos presentes em normativas brasileiras, justificado pela dificuldade em encontrar uma metodologia que apresentasse uma proposta nacional aplicável a este estudo com critérios de atendimento as normativas de desempenho.

Os critérios de análises concentram-se na avaliação do estado de conservação dos materiais e componentes dos atuais sistemas, desempenho térmico, desempenho acústico e as ações e limitações de tombamento para a intervenção nos sistemas de cobertura. Este último item torna-se necessário pelo fato de estar trabalhando com edifícios tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

Essa dissertação de mestrado faz parte da linha de pesquisa referente à “Desempenho, Vida útil, Degradação e Patologia no Ambiente Construído”, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília. A linha de pesquisa trata do estudo de tecnologia de edificações, desempenho dos sistemas construtivos e desempenho de materiais e sistemas de construções. Destacam-se algumas contribuições em pesquisas que apresentam ao menos um dos objetivos específicos nessa linha:

- Nicoletti (2009) com o estudo de Eficiência Energética em um Ministério da Esplanada em Brasília: Proposta para *retrofit* de envoltória;
- Morgado (2012) com o estudo de plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes;
- Berleze (2013) com o estudo de avaliação do Nível de eficiência energética da envoltória de edifícios públicos educacionais em UFSM com base no RTQ-C;
- Santos Filho (2015) com o estudo de Análise de desempenho térmico e acústico de fachadas ventiladas de porcelanato à luz da norma de desempenho. Estudo de caso em Brasília-DF;
- Guimarães (2017) com o estudo de uma análise de *retrofit* da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont – Rio de Janeiro.

Essa dissertação tem o potencial de aplicação de uma metodologia de avaliação e adequação para sistemas de coberturas para edificações de escritório, uma vez que a parte de avaliação dos requisitos funcionais aplica-se a qualquer tipo de edificação para a obtenção do número de prioridade de intervenção do sistema.

1.2 MOTIVAÇÃO

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho, é por não existir uma metodologia nacional para avaliação do desempenho de cobertura para edifícios de escritórios. Diante disso, este trabalho cria uma proposta de metodologia para avaliação da cobertura com critérios e requisitos de desempenho. A avaliação e adequação é feita por meio de uma inspeção *in loco*, caracterizando o estado de conservação dos materiais e componentes de cobertura e sua avaliação de desempenho. Também é priorizado para as tomadas de decisões de adequações, novos sistemas que respeite as ações e limitações de uma edificação tombada. É avaliado a condição existente com as normativas brasileiras de desempenho aplicadas a tipologia da edificação e proposto sistemas que atendam aos critérios e requisitos de cobertura adequando-os as novas exigências normativas e de cunho ambiental.

A escolha do objeto de estudo deu-se por serem edificações localizadas em uma área nobre da capital do Brasil, a Esplanada dos Ministérios. Todos os edifícios são funcionais e

possuem a mesma concepção arquitetônica, considerando assim um número representativo de coberturas sem uma legislação específica.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma metodologia que avalie a condição existente das coberturas, aplicada em edificações comerciais, de escritórios e a criação de adequações para o atendimento as exigências de desempenho térmico e acústico das normativas brasileiras, com foco no conforto ambiental do usuário, respeitando as ações e limitações de tombamento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliação das exigências funcionais dos sistemas atuais de coberturas por meio da inspeção, caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes e definição do critério para prioridade de intervenção;
- Adequação da metodologia para avaliação do desempenho térmico e acústico dos sistemas existentes e propostas de novos sistemas que atendam aos critérios e requisitos de desempenho de acordo com as normativas brasileiras por meio do método simplificado;
- Criação de um *checklist* com critérios de tombamento aplicados a coberturas de acordo com as ações e limitações de modificações permitidas para as propostas de intervenção;
- Proposta de critérios de escolha de materiais para composição dos novos sistemas de cobertura de acordo com o atendimento aos critérios funcionais, térmico, acústico e de tombamento para adequação as atuais exigências normativas.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: breve contextualização da problemática que guiou o trabalho, seguida da hipótese da pesquisa, a motivação e os objetivos gerais e específicos.

Capítulo 2 e Capítulo 3 – REVISÃO DA LITERATURA: o capítulo 2 apresenta um breve histórico sobre a proteção do conjunto urbanístico de Brasília, seu tombamento e preservação, os artigos pertinentes para alteração da obra intelectual de arquitetura e urbanismo, declarações e certificações ambientais e o objeto de estudo tratado neste trabalho. O capítulo 3 descreve os conceitos de desempenho térmico e acústico e faz uma revisão das normativas aplicadas, além de apresentar a importância da cobertura para uma edificação, seus requisitos de desempenho, as principais patologias detectadas nos sistemas de cobertura e a definição de um critério para a prioridade de intervenção.

Capítulo 4 – METODOLOGIA: descrição dos passos metodológicos da pesquisa, a fim de alcançar os objetivos específicos já citados. Primeiramente dividida em três partes: requisitos funcionais; requisitos de desempenho térmico e acústico e requisitos de tombamento, ambos aplicados ao sistema de cobertura.

Capítulo 5 – VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA: a metodologia foi validada primeiramente em um estudo piloto e realizada uma análise crítica das correções necessárias antes de ser aplicada no objeto de estudo.

Capítulo 6 – OBJETO DE ESTUDO: este capítulo apresenta e descreve a escolha dos edifícios para a avaliação e caracterização dos sistemas atuais de coberturas. Assim como, as propriedades térmicas e acústicas dos sistemas atuais e as propostas dos novos sistemas, mediante a definição dos cenários de intervenção por meio da matriz de escolha dos materiais.

Capítulo 7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES: exposição e discussão dos resultados obtidos, referentes aos sistemas atuais e propostos, por procedimento do diagnóstico da inspeção dos sistemas de cobertura e caracterização do seu estado de conservação, a avaliação das exigências funcionais, o desempenho termoacústico dos sistemas, e as avaliações de ações e limitações de tombamento para as intervenções.

Capítulo 8 – CONCLUSÕES: retomada dos objetivos específicos e como estes foram alcançados, e enumeração das contribuições da pesquisa, não só as próprias, mas a esperança de avanço com a sugestão para trabalhos futuros.

Após o último capítulo, são registradas as referências bibliográficas comentadas ao longo deste documento e os anexos pertinentes.

CAPÍTULO 2 - ARQUITETURA MODERNA E PRESERVAÇÃO

2.1 A PROTEÇÃO DO CONJUNTO URBANÍSTICO DE BRASÍLIA

Brasília se originou de um projeto escolhido a partir de um concurso público de autoria de Lucio Costa, onde a proposta partia do cruzamento de dois eixos, correspondentes às duas principais vias do Plano Piloto, as denominadas Eixo Monumental e Eixo Rodoviário.

A partir das exigências instituídas para a concepção do projeto do Plano Piloto, sendo uma delas a hierarquização das funções urbanas, possibilitou a Oscar Niemeyer, arquiteto responsável pela concepção dos principais edifícios institucionais, dos quais podem ser destacados a Esplanada dos Ministérios, o Congresso Nacional e os anexos, destinados em sua maioria para ambientes de escritórios (NICOLETTI, 2009).

A conscientização do valor cultural de Brasília, principalmente por parte do presidente Juscelino Kubitschek, fez com que estivesse presente, desde o início, a preocupação com a preservação de seu plano urbano e de suas principais obras arquitetônicas. No ano de 1960, a Lei Santiago Dantas nº3.751 previa no Art. 38 que “qualquer alteração do Plano Piloto, a que obedece a urbanização de Brasília, dependesse da Lei Federal” (NACIONAL, 2014a).

O conjunto urbanístico de Brasília está regido por um elenco de instrumentos, que define sua proteção em três níveis: local, federal e municipal. No nível local, o Decreto nº10.829, de 14 de outubro de 1987, regulamentou o Artigo 38 da Lei Santiago Dantas, serviu como base jurídica necessária à inscrição do conjunto urbanístico do Plano Piloto de Brasília na Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) (GOULART, 2006; SANTOS, 2008).

Na esfera federal, a ratificação veio, em 14 de março de 1990, com a inscrição de nº 532 do Plano Piloto de Brasília no Livro do Tombo¹ do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e com a instituição da Portaria Regulamentadora nº 04/90, posteriormente alterada pela de nº 314 de 8 de outubro de 1992. Desde então, a proteção do Plano Piloto de Brasília tem sido objeto da ação conjunta dos organismos locais e federais, conforme prevê a Constituição da República (GOULART, 2006; NACIONAL, 2014b).

¹ Torre do Tombo local em que eram guardados os documentos históricos em Lisboa/Portugal. Daí se origina a palavra tombamento que diz respeito à guarda e proteção de bens históricos.

No elenco de leis cabe destacar, ainda, a Lei Orgânica do Distrito Federal que, no Art. 314 sobre Política Urbana, em seu § único, estabelece como um dos norteadores da política de desenvolvimento urbano: “A manutenção, segurança e preservação do patrimônio urbanístico, paisagístico, histórico, arquitetônico, artístico e cultural considerada a condição de Brasília como capital Federal e Patrimônio Cultural da Humanidade”.

No nível mundial, em 7 de dezembro de 1987, Brasília é considerada o primeiro conjunto urbanístico do século XX a ser reconhecida como Patrimônio Cultural da Humanidade, e incluída na lista de bens de valor universal pelo Comitê do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), pelo fato de ser a única capital do mundo totalmente construída dentro dos ideais modernistas (NICOLETTI, 2009).

O conjunto urbanístico do Plano Piloto de Brasília, foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Artístico Nacional – IPHAN, órgão federal responsável pela preservação dos bens de reconhecido valor nacional. A área tombada, definida pelo Decreto nº10.829/87² do Governo do Distrito Federal, alcança 112,25 km², sendo considerada a maior área urbana tombada do mundo. Sua principal característica é a monumentalidade, determinada por suas quatro escalas urbanísticas: monumental, residencial, bucólica e gregária e por sua arquitetura inovadora (NICOLETTI, 2009).

Segundo Grillo (2005), Holanda e Tenorio (2011) o sítio tombado Figura 01, contém o núcleo do projeto original proposto por Lucio Costa em 1957, sendo firmado pelas quatro escalas urbanas de Brasília, como já citadas no texto acima. A escala monumental no qual se localiza os Edifícios dos Ministérios, enfoque principal deste trabalho, concerne os espaços mais emblemáticos da cidade, aqueles onde os edifícios relacionados à função precípua da cidade são constituídos pelo Eixo Monumental, da Praça dos Três Poderes até a Praça do Buriti, estes são os principais elementos da escala monumental, por estar localizados os espaços simbólicos por excelência da cidade.

² O Decreto nº 10.829, de 14 de outubro de 1987, que regulamentou o artigo 38 da Lei Santiago Dantas, no que se refere à preservação da concepção urbanística de Brasília, foi baseado no documento Brasília Revisitada, elaborado por Lucio Costa, nos anos de 1985-87, que trata das questões de complementação preservação, adensamento e expansão urbana servindo como base jurídica necessária a inscrição junto à UNESCO (GOURLAT, 2006).

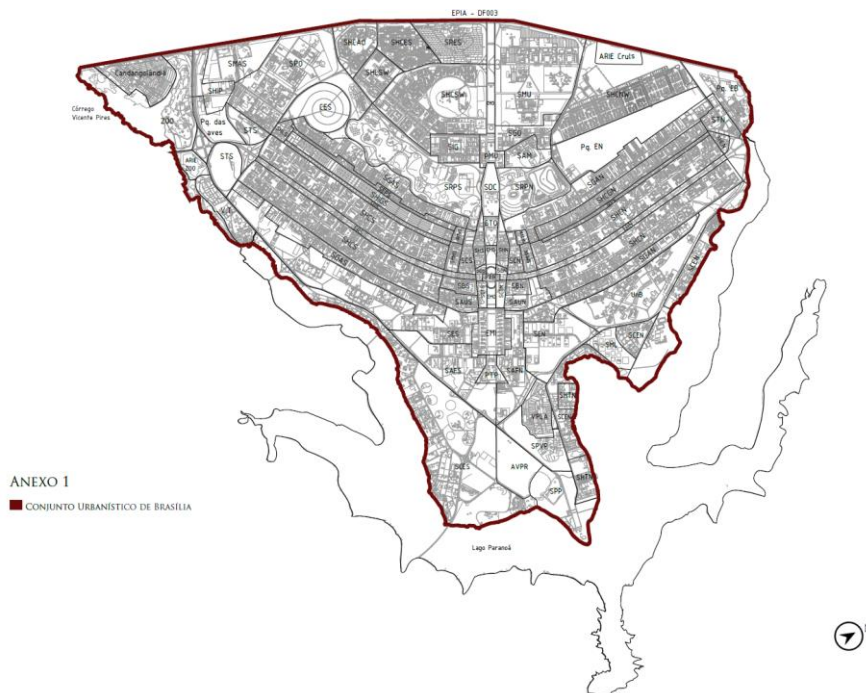


Figura 1 - Delimitação da área tombada do conjunto urbanístico de Brasília (FEDERAL, 2016).

A preservação dos bens culturais é regida pelas normas e instrumentos legais. De acordo com Grillo (2005), além da legislação nacional específica e de outros instrumentos legais, tais como a legislação ambiental, da arqueologia e de turismo cultural, a preservação de bens culturais é orientada por Cartas, Declarações e Tratados Nacionais e Internacionais. Entre as Cartas Internacionais, se destaca a Carta de Burra. Após a reunião realizada em Burra, em 1980, o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS, elaborou esse documento, que define o significado e extensão dos termos pertinentes à preservação de edifícios que possuam significação cultural.

No Art. 1º da Carta de Burra, estabelece que o termo conservação “designará os cuidados a serem dispensados a um bem para preservar-lhe as características que apresentem uma significação cultural. De acordo com as circunstâncias, a conservação implicará ou não a preservação ou restauração, além da manutenção; ela, poderá, igualmente, compreender obras mínimas de reconstrução ou adaptação que atendam às necessidades e exigências práticas”. No âmbito dos fundamentos dessa carta, as intervenções nos edifícios de valor histórico de diversos países, vêm se baseando no emprego de técnicas de *retrofit* imobiliário, solução que preserva o patrimônio histórico e ao mesmo tempo permite a utilização adequada do imóvel (NACIONAL, 1980c; GRILLO, 2005).

2.2 A ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS

Um dos maiores pontos turísticos de Brasília é a Esplanada dos Ministérios localizada no eixo monumental (Figura 2), via que corta o Plano Piloto no sentido leste-oeste, entre os edifícios dos Ministérios, que foram projetados pelo arquiteto Oscar Niemeyer (WBRASÍLIA, 2018).



Figura 2 - Esplanada dos Ministérios (SOCIAL, 2017).

A Esplanada dos Ministérios empresta o caráter austero e político ao eixo monumental. Foi concebido como espaço onde os edifícios se colocam hereticamente, constituindo imponente antecâmara para o Congresso Nacional (WILHEIM, 1960).

Quando Brasília foi inaugurada em 1960, foram adotados para os onze edifícios destinados aos Ministérios, na Esplanada, cinco do lado norte e seis do lado sul. Foram erguidos na época com estruturas metálicas adquiridas nos Estados Unidos (Figura 03), por causa da velocidade de montagem e seus detalhes padronizados. Os edifícios se constituem de nove pavimentos e um subsolo, sendo que entre o pavimento térreo e o segundo há um mezanino (CAVALCANTI, 2012).

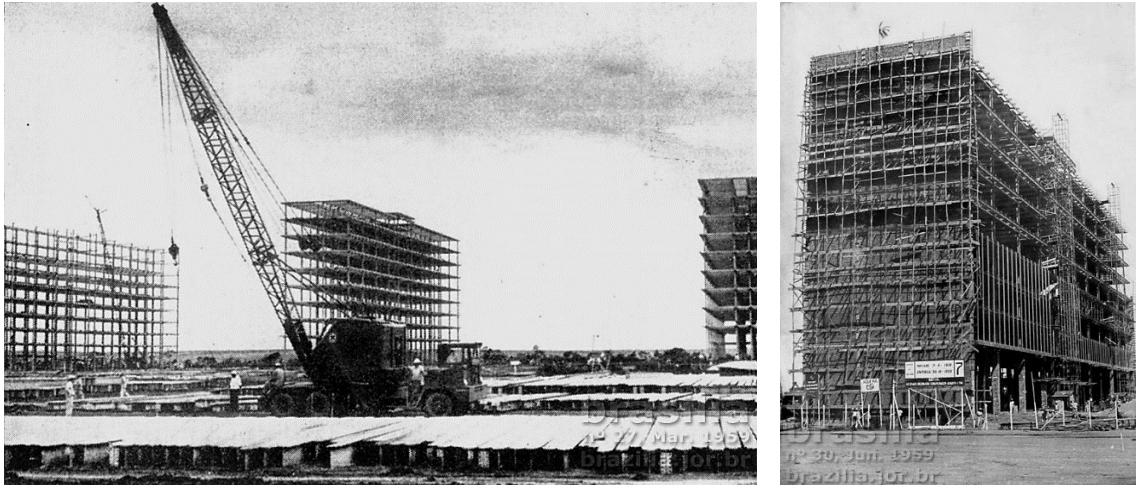


Figura 3 - Montagem das estruturas metálicas e colocação das esquadrias dos primeiros prédios da Esplanada dos Ministérios (CAVALCANTI, 2012).

Estes edifícios estão dispostos ao longo do eixo monumental, no trecho compreendido entre a Catedral e Congresso Nacional (Figura 04). Além disso, os edifícios dos Ministérios no projeto original previam a construção de uma marquise para articular a circulação entre tais blocos e abrigar pequenos cafés, lanchonete, dentre outros. Como consequência, diante da ausência de alternativas para implantar equipamentos e serviços de atendimento ao setor, foram instalados no interior dos Edifícios dos Ministérios ou em quiosques improvisados (WILHEIM, 1960; GRILLO, 2005; MARQUEZ, 2007).

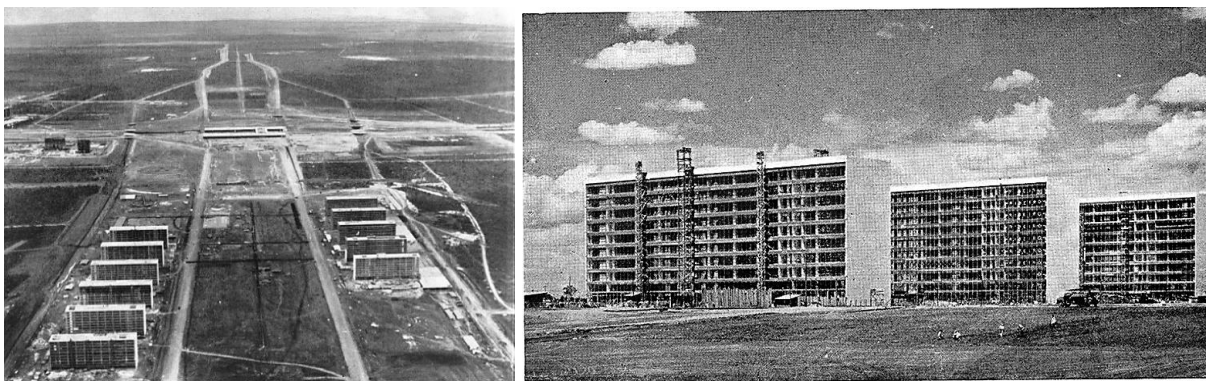


Figura 4 - Construção dos edifícios da Esplanada dos Ministérios (WILHEIM, 1960).

De acordo com Braga (2010), a faixa gramada da Esplanada dos Ministérios foi ligeiramente alargada de aproximadamente 150 para 200m, para ajustar-se ao projeto arquitetônico do Congresso Nacional. Ao mesmo tempo, os Edifícios dos Ministérios, que contam agora com edifícios anexos, no momento do desenvolvimento do projeto executivo

tiveram, por economia, sua extensão transversal à esplanada diminuída de aproximadamente 150 para 100m e aumentada aproximadamente de 220 para 310m a distância longitudinal entre eles.

Hoje a Esplanada dos Ministérios é formada por um conjunto de 17 edifícios distribuídos harmoniosamente com uma regularidade arquitetônica singular, que abrigam os ministérios, sendo os órgãos do Poder Executivo. Os edifícios ficam em lados opostos no Eixo Monumental, e são separados por um grande gramado, e ao final da sua extensão, encontra-se o Congresso Nacional.

O Conjunto dos Ministérios e anexos de acordo com Brasileiro (2018) e Nacional (2007), foram tombados provisoriamente, através do processo IPHAN nº 1550-T-2007, que para todos os efeitos, pelo Art. 10 do Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, porém o conjunto de edifícios não possui uma regulamentação específica³. Este decreto organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional:

Capítulo I – Do Patrimônio histórico e artístico nacional

Art. 1º Constitui o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico.

Capítulo II – Do Tombamento

Art. 6º. O tombamento de coisa pertencente à pessoa natural ou à pessoa jurídica de direito privado se fará voluntária ou compulsoriamente.

Art. 10. O tombamento dos bens, a que se refere o art. 6º desta lei, será considerado provisório ou definitivo, conforme esteja o respectivo processo iniciado pela notificação ou concluído pela inscrição dos referidos bens no competente Livro do Tombo.

Parágrafo único. Para todos os efeitos, salvo a disposição do art. 13 desta lei, o tombamento provisório se equipará ao definitivo.

³ O IPHAN foi consultado informalmente por e-mail no dia 25 de julho de 2018, e de acordo com a Coordenadora Técnica da Superintendência do IPHAN do Distrito Federal, os Edifícios dos Ministérios são um bem tombado e deve ter suas principais características preservadas, sendo elas: volumetria, fachadas, material de revestimento, esquadrias e cores. Sendo assim, as fachadas não podem sofrer nenhuma alteração que modifique sua composição estética.

Capítulo III - Dos efeitos do tombamento

Art. 13. O tombamento definitivo dos bens de propriedade particular será, por iniciativa do órgão competente do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, transcrito para os devidos efeitos em livro a cargo dos oficiais do registro de imóveis e averbado ao lado da transcrição ou mutiladas, nem, sem prévia autorização especial do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, ser reparadas, pintadas ou restauradas, sob pena de multa de cinquenta por cento do dano causado.

Da Carta Magna destaca-se:

Art.216. Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

IV – As obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V – Os conjuntos urbanísticos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

§ 1º O Poder Público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação.

O somatório da Constituição Federal de 1988 e o Decreto de Lei nº25/1937 deixa clara a obrigação de se submeter ao IPHAN projetos de intervenções em bens tombados, seja em suas fachadas, sejam em suas coberturas. Visando melhorar a atuação deste instituto, bem como facilitar a vida dos responsáveis pelas coisas tombadas, o IPHAN editou norma que, em termos gerais, regulamenta o comando expresso no art.17.⁴

Art. 17. As coisas tombadas não poderão, em caso nenhum ser destruído, demolidas ou mutiladas, nem, sem prévia autorização especial do Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, ser reparadas, pintadas ou restauras sob pena de multa de cinquenta por cento do dano causado.

⁴ O IPHAN foi consultado informalmente por e-mail no dia 07 de março de 2019, e de acordo com Thiago Perpétuo, Coordenador Técnico da Superintendência do IPHAN, o órgão busca promover para cada um dos bens protegidos, portarias que regulamentem quais os critérios de intervenção de modo que eventuais modificações não “mutilem” ou descaracterizem os valores culturais atribuídos a eles. Uma tarefa tão importante quanto necessária, delimitando as ações prioritárias de conservação, apontando diretrizes para manutenção e restauro, tanto para Brasília quanto para o restante do país.

Parágrafo único. Tratando-se de bens pertencentes à União, aos Estados ou aos municípios, a autoridade responsável pela infração do presente artigo incorrerá pessoalmente na multa.

A realização de intervenção em bem tombado, individualmente ou em conjunto, ou na área de entorno do bem, deverão ser precedidas de autorização do IPHAN. Toda reforma arquitetônica, em qualquer edifício, deve ser autorizada pelo poder público local, conforme determina o Código de Edificações.

Para complementar, existem Manuais e Portarias criados com passo a passo de como intervir em um bem tombado. Nestes manuais são descritos o que deve conter no caderno de projetos para obter a autorização do órgão responsável e realizar um restauro, manutenção ou uma reforma de um imóvel tombado. O Ministério da Cultura no ano de 2005 criou o Manual de Elaboração de Projetos e de Preservação do Patrimônio Cultural (BRASIL, 2005), que integra o conjunto de cadernos técnicos do programa monumental, elaborados com a finalidade de consolidar e transmitir conceitos, normas e preceitos que orientam a preservação do Patrimônio Histórico e Artístico protegido pela União. O Manual orienta a elaboração e a apresentação de Projetos a serem submetidos ao Iphan para fins de aprovação nas ações de intervenção no patrimônio protegido, possibilitando atingir níveis de qualidade nas obras de restauro.

Entretanto, no ano de 2016 foram criados três Manuais de Obras Públicas-Edificações pela Secretaria de Estado e da Administração e Patrimônio, sendo estes; Manuais de Projeto, Manuais de Construção e Manuais de Manutenção. Tais manuais foram elaborados a partir da descrição do Art.1º da Portaria nº2.296, de 23 de julho de 1997. Os objetivos da criação dos manuais foram dentre elas a identificação da necessidade de atualizações e incorporação de novas tecnologias e incorporação de práticas ligadas a temas como; sustentabilidade, eficiência energética, acessibilidade dentre outros.

De acordo com o que foi relatado pelo Thiago Pereira Perpétuo, Coordenador Técnico da Superintendência do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional do Distrito Federal, há um esforço, no presente momento, de promover a regulamentação dos demais bens protegidos, tanto em Brasília quanto no resto do país. Uma tarefa tão importante quanto necessária, delimitando as ações prioritárias de conservação, apontando diretrizes para manutenção e restauro. Por outro lado, houve iniciativas de orientar os profissionais de arquitetura, urbanismo e engenharia a apresentarem seus projetos para bens tombados. Assim, alguns “Cadernos Técnicos” foram elaborados, como, por exemplo, o “Manual de elaboração

de projetos de preservação do patrimônio cultura”. Há toda uma complexidade envolvida na análise e manifestação de intervenções em bens tombados.

Porém, para esta dissertação, é utilizado o Manual de Elaboração de Projetos e de Preservação do Patrimônio Cultural (BRASIL, 2005). Tal Manual descreve que os projetos devem ser elaborados respeitando os valores estéticos e culturais do Bem, com o mínimo de interferência na autenticidade do mesmo, seja autenticidade estética, histórica, dos materiais, dos processos construtivos, do espaço envolvente ou outras. A seguir, é apresentado premissas de destaque para a elaboração de Projetos de Preservação.

- Garantir a autenticidade dos materiais implica na manutenção da maior quantidade possível de materiais originais, de modo a evitar falsificações de caráter artístico e histórico.
 - Na impossibilidade da manutenção dos materiais originais, deverão ser utilizados outros compatíveis com os existentes, em suas características físicas, químicas e mecânicas e aspectos de cor e textura sem, no entanto, serem confundidos entre si.
 - Assim também, como a utilização de materiais reversíveis, que possam ser substituídos no futuro e no final de sua vida útil, sem danos ao Bem.
- A 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.
- A 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.
- Tão importante quanto à manutenção dos materiais e dos aspectos estéticos do Bem é a garantia da preservação da autenticidade dos processos construtivos e suas peculiaridades, evitando o uso de técnica que seja incompatível e descaracterize o sistema existente.
- A preservação da autenticidade do espaço envolvente não implica no entendimento do Bem isoladamente e sim no contexto no qual está inserido, considerando o aspecto natural, histórico, quer urbano ou rural.

- As propostas relativas ao resgate de determinados aspectos estéticos do Bem devem estar baseadas e fundamentadas em análises e argumentos inquestionáveis sobre a autenticidade do espaço envolvente.
- É fundamental o conhecimento dos documentos internacionais e dos princípios enunciados nas cartas patrimoniais para elaboração de Projetos de Preservação.
- Por fim, é premissa para a preservação de um Bem usos compatíveis com a vocação do mesmo.

Recomenda-se a realização de consultas prévias à elaboração de qualquer Projeto, para busca de orientações e diretrizes específicas para a intervenção antes ou durante a elaboração do Projeto às Unidades Regionais do IPHAN. A Unidade Regional do IPHAN cabe orientar, por meio de consultas prévias, o grau de detalhamento do Projeto necessário à respectiva aprovação.

As intervenções mais simples, típicas de manutenção, tais como pinturas, substituições de áreas ou materiais danificados, imunizações, revisões de cobertura, poderão ser dispensadas em algumas partes das etapas do Projeto. Quando se tratar de intervenções complexas e de grande vulto, o Projeto será elaborado em todas as suas etapas, podendo ser solicitadas complementações pela Unidade Regional do IPHAN.

Caso haja a necessidade de alterações, estas deverão ser apresentadas à Unidade Regional do IPHAN para aprovação ou recomendação de adequação, conforme o caso.

A portaria do IPHAN nº 420/2010 dispõe sobre os procedimentos a serem observados para a concessão de autorização para realização de intervenções em bem edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno. A portaria deixa claro que para a realização de intervenção em bem tombado, individualmente ou em conjunto, ou na área de entorno do bem, deverão ser precedidas de autorização do IPAHN. Cabe destacar os referidos artigos a seguir:

Capítulo II – Da Autorização de Intervenção

Art. 5º Para efeito de autorização, são consideradas as seguintes categorias de intervenção:

I – Reforma Simplificada;

II – Reforma/Construção nova;

III – Restauração;

IV – Colocação de Equipamento Publicitário ou Sinalização;

§1º As intervenções caracterizadas como Reforma/Construção nova (Inciso II), quando tiverem de ser realizadas em bens tombados individualmente, serão enquadradas na categoria Restauração (Inciso III).

§2º Para efeito de enquadramento na categoria Restauração, equiparam-se aos bens tombados individualmente aqueles que, integrando um conjunto tombado, possuam características que os singularizem, conferindo-lhes especial valor dentro do conjunto, e nos quais, para a realização de intervenção, requeira-se conhecimento especializado.

Dos documentos necessários para análise:

Art. 6º Ao requerer a autorização para intervenção, o interessado deverá apresentar os seguintes documentos:

I – para todas as categorias de intervenção:

a) formulário de requerimento de autorização de intervenção devidamente preenchido;

b) cópia do CPF ou CNPJ do requerente e;

c) cópia de documento que comprove a posse ou propriedade do imóvel pelo requerente, tais como escritura, contrato de locação, contas de luz ou de água ou talão de IPTU.

II – para colocação de Equipamento Publicitário ou Sinalização:

a) descrição ou projeto do equipamento publicitário ou da sinalização, contendo, no mínimo, indicação do local onde ele será instalado, dimensões gerais e descrição dos materiais a serem utilizados.

III – para Reforma/Construção Nova: a) anteprojeto da obra contendo, no mínimo, planta de situação, implantação, plantas de todos os pavimentos, planta de cobertura, corte transversal e longitudinal e fachadas, diferenciando partes a demolir, manter e a construir, conforme normas da ABNT.

IV – para Restauração:

a) anteprojeto da obra contendo, no mínimo, planta de situação, implantação, plantas de todos os pavimentos, planta de cobertura, corte transversal e longitudinal e fachadas, diferenciando partes a demolir, manter e a construir, conforme normas da ABNT;

b) levantamento de dados sobre o bem, contendo pesquisa histórica, levantamento planialtimétrico, levantamento fotográfico, análise tipológica, identificação de materiais e sistema construtivo;

c) diagnóstico do estado de conservação do bem, incluindo mapeamento de danos, analisando-se especificamente os materiais, sistema estrutural e agentes degradadores;

d) memorial descritivo e especificações;

e) planta com a especificação de materiais existentes e propostos.

§1º A critério do requerente, poderá ser apresentado o projeto executivo em lugar do anteprojeto.

§2º Para a realização de pesquisa histórica, o Iphan disponibilizará o acesso aos arquivos desta Autarquia Federal pertinentes ao bem em questão.

2.3 ALTERAÇÃO DE OBRA INTELECTUAL DE ARQUITETURA E URBANISMO

Na realização de intervenções ou reforma em uma edificação existente, deve ser observado os seguintes quesitos de acordo com a Lei nº 12.378/2010.

Art. 12. O acervo técnico constitui propriedade do profissional arquiteto e urbanista e é composto por todas as atividades por ele desenvolvidas, conforme discriminado nos arts. 2º e 3º, resguardando-se a legislação do Direito Autoral.

Art. 15. Aquele que implantar ou executar projeto ou qualquer trabalho técnico de criação ou de autoria de arquiteto e urbanista deve fazê-lo de acordo com as especificações e o detalhamento constantes do trabalho, salvo autorização em contrário, por escrito, do autor.

Parágrafo único. Ao arquiteto e urbanista é facultado acompanhar a implantação ou execução de projeto ou trabalho de sua autoria, pessoalmente ou por meio de preposto especialmente designado com a finalidade de averiguar a adequação da execução ao projeto ou concepção original.

Art. 16. Alterações em trabalho de autoria de arquiteto e urbanista, tanto em projeto como em obra dele resultante, somente poderão ser feitas mediante consentimento por escrito da pessoa natural titular dos direitos autorais, salvo pactuação em contrário.

§ 1º No caso de existência de coautoria, salvo pactuação em contrário, será necessária a concordância de todos os coautores.

§ 2º Em caso de falecimento ou de incapacidade civil do autor do projeto original, as alterações ou modificações poderão ser feitas pelo coautor ou, em não havendo coautor, por outro profissional habilitado, independentemente de autorização, que assumirá a responsabilidade pelo projeto modificado.

§ 3º Ao arquiteto e urbanista que não participar de alteração em projeto, obra ou outro trabalho técnico de criação de sua autoria, é permitido o registro de laudo no CAU/UF, com o objetivo de registrar a autoria original e determinar os limites de sua responsabilidade.

§ 4º Na hipótese de a alteração não ter sido concebida pelo autor do projeto original, o resultado terá como coautores o arquiteto e urbanista autor do projeto original e o autor do projeto de alteração, salvo decisão expressa em contrário do primeiro, caso em que a autoria da obra passa a ser apenas do profissional que houver efetuado as alterações.

Parágrafo único. A autoria da obra passará a ser apenas do autor da alteração se esta for a decisão expressa do autor original.

2.4 DECLARAÇÕES E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

A ABNT NBR ISO 14001:2015 é uma norma internacional que define os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) através de certificação de empresas, e ajuda a melhorar o desempenho por meio da utilização eficiente dos recursos e da redução da quantidade de resíduos. O objetivo principal da ABNT NBR ISO 14001:2015 é possibilitar que as organizações atendam às suas necessidades socioeconômicas em equilíbrio com a proteção do meio ambiente. Os resultados pretendidos de sistema de gestão ambiental coerente com a política ambiental da organização incluem: aumento do desempenho ambiental; atendimento aos requisitos legais ou outros requisitos e o acontece dos objetivos ambientais.

Para os edifícios públicos possui a Compra Pública Sustentável, procedimento administrativo formal que contribui para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, mediante a inserção de critérios sociais, ambientais e econômicos nas aquisições de bens, contratações de serviços e execução de obras. De uma maneira geral, trata-se da utilização do poder de compra do setor público para gerar benefícios econômicos e socioambientais.

Direcionar o poder de compra no setor público para a aquisição de produtos e serviços com critérios de sustentabilidade implica na geração de benefícios socioambientais e na redução de impactos ambientais, enquanto induz e promove o mercado de bens e serviços sustentáveis. A seguir serão listados diretrizes e critérios para contratações, bens e serviços.

Diretrizes de sustentabilidade que são observadas nas contratações (LALOË; FREITAS, 2012):

- Menor impacto sobre recursos naturais como flora, fauna, ar, solo e água;
- Preferência para materiais, tecnologias e matérias-primas de origem local (para diminuir os Gases de Efeito Estufa (GEEs) associados com o transporte);
- Maior eficiência na utilização de recursos naturais como água e energia;
- Maior geração de empregos, preferencialmente com mão de obra local;
- Maior vida útil e menor custo de manutenção do bem e da obra;
- Uso de inovações que reduzam a pressão sobre recursos naturais; e
- Origem ambientalmente regular dos recursos naturais utilizados nos bens, serviços e obras.

Critérios que podem ser exigidos para bens e serviços:

- Que os bens sejam constituídos, no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme a ABNT NBR 15448-1:2008 e 15448-2:2008;
- Observação dos requisitos ambientais para a obtenção de certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO como produtos sustentáveis ou de menor impacto ambiental em relação aos similares;
- Que os bens devem ser, preferencialmente, acondicionados em embalagem individual adequada, com o menor volume possível, que utilize materiais recicláveis, de forma a garantir a máxima proteção durante o transporte e o armazenamento;
- Que os bens não contenham substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances), tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs).

A licitação sustentável permite o atendimento das necessidades específicas dos consumidores finais por meio da compra do produto que oferece o maior número de benefícios para o ambiente e a sociedade e que inclui critérios de sustentabilidade. Um produto sustentável

apresenta um melhor desempenho ambiental ao longo de seu ciclo de vida, com função, qualidade e nível de satisfação igual ou melhor, se comparado com um produto-padrão.

2.5 OBJETO DE ESTUDO: EDIFÍCIOS DOS MINISTÉRIOS

Em 1958 foram construídos onze dos dezessete Ministérios, e se tornaram elementos definidores segundo Botey (1997) do grande eixo monumental. São caracterizados por sua forma paralelepípedica com estrutura metálica.

Este trabalho desenvolverá uma metodologia de avaliação para sistemas de coberturas com aplicação em duas coberturas dos edifícios dos Ministérios. Os edifícios dos Ministérios (uma das sedes do Poder Executivo) e se localizam dentro da escala Monumental, na denominada Esplanada dos Ministérios, Figura 05.

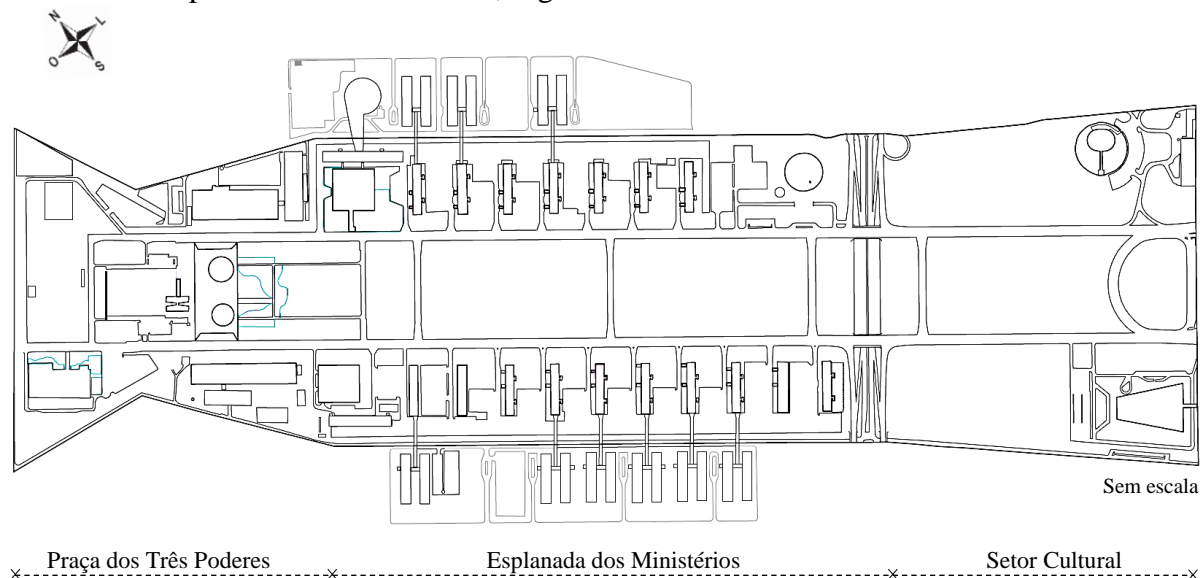


Figura 5 - Eixo Monumental e a Esplanada dos Ministérios.

A inspeção e proposta de desempenho são vistos como oportunidade para definição de diretrizes com vistas à realização de futuras intervenções nos edifícios tombados. São edifícios públicos e tornam-se mais relevantes considerando os títulos de “Patrimônio Nacional” e “Patrimônio Cultural da Humanidade”.

Além disso, é necessário a avaliação de dois aspectos, sendo eles; (i) a preservação de um bem cultural por ser uma das obras arquitetônicas de Oscar Niemeyer projetadas para Brasília, se tratando dos ministérios e, (ii) o processo de conservação deste bem, sendo necessário atender as atuais exigências impostas pelo IPHAN para um bem tombado, de modo

a manter o edifício com sistemas de cobertura provendo melhor conforto aos usuários, de forma que não altere substancialmente as características estéticas modernistas.

2.5.1 Localização e orientação

Por meio de estudos realizados por Silva (2007) em edifícios implantados perpendicular ao Eixo Monumental, verificou-se a predominância de edifícios retangulares com fachadas opostas cujas orientações são: 108°/288° (Leste/Oeste), Figura 06. Lembrando que todos os edifícios possuem a mesma orientação, mas com coordenadas diferentes.

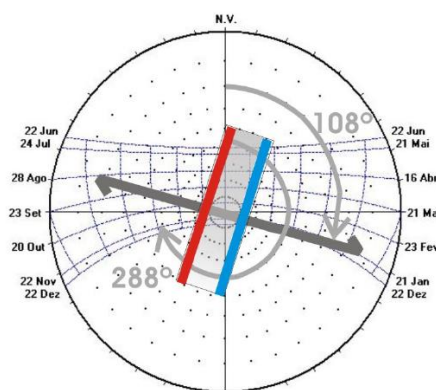


Figura 6 - Orientação predominante nos Edifícios dos Ministérios (SILVA, 2007).

Com relação aos ganhos térmicos das edificações segundo suas orientações, na Tabela 01 é mostrado que no Equinócio de Outono (22/03), no Solstício de Verão (21/12), no Equinócio de Primavera (22/09) e no Solstício de Inverno (21/06), os edifícios dos ministérios recebem uma alta carga térmica, e concluiu-se que a cobertura e fachadas são afetadas por receberem à radiação solar direta.

Tabela 1- Radiação solar recebida nas fachadas dos edifícios nas orientações predominantes (Adaptado de SILVA, 2007).

Orientação das fachadas	Quantidade de radiação solar (Wh/m ²)			
	Equinócio de Outono – 22/03	Solstício de Verão – 21/12	Equinócio de Primavera – 22/09	Solstício de Inverno – 21/06
108°	2391	2574	3556	2327
288°	2899	2085	4338	4360

Tabela 2 - Características da envoltória

Bloco “O”	Revestimentos	Dimensões da fachada	Parede
Fachadas Norte e Sul	Ladrilho cerâmico na cor bege – 23cm x 5cm x 1cm	17,98m x 37,72m	Alvenaria: Bloco cerâmico 8 furos assentados deitados com 20cm/ Emboço externo e interno com 2,5cm/ Reboco externo com 1,5cm e revestimento externo em cerâmica. Al _V T = 29cm
Fachada Oeste	Vidro temperado de 6mm e película metalizada externa. Esquadrias de ferro modulares. Brises verticais móveis em chapa metálica na cor verde claro	102,60mx37,72m	Vidro temperado 6mm; Brise verticais com 20cm de distância da fachada. Janelas basculantes na parte inferior e superior.
Fachada Leste	Envidraçada com película metálica externa. Vidro temperado de 6mm	102,60mx37,72m	Vidro temperado 6mm; Janelas basculantes fixa na parte inferior (apenas no térreo e mezanino) e basculante superior e inferior nos demais.
Cobertura	Laje de concreto impermeabilizada com telha de fibrocimento	-	-

A cobertura é o objetivo principal de pesquisa deste trabalho, e suas características originais são; laje de concreto com telha de fibrocimento e uma camada impermeabilizante. Em todos os pavimentos há presença de lajes intermediárias maciça de concreto com 12cm, regularizadas com argamassa de 3cm. Nas quatro fachadas possui o revestimento de ladrilho cerâmico na cor bege, com dimensões de 23cm x 5cm x 1cm.

2.5.3 Aspectos bioclimáticos do Distrito Federal

O Distrito Federal se caracteriza com duas estações bem definidas: quente-úmido (de outubro a abril) e quente-seco (de maio a setembro) e pelo clima mesotérmico quente de verão

úmido e de verão seco. Durante os períodos quente-úmido e quente-seco deve-se reduzir a absorção de radiação. A Tabela 03 descreve os principais dados do Distrito Federal.

Tabela 3 - Descrição do Distrito Federal

DISTRITO FEDERAL	
Latitude	- 15°78' Sul
Longitude	- 47°93' Oeste de Greenwich
Altitude	1160m
Clima	Tropical de Altitude
Período quente-úmido	Verão chuvoso (temperatura média de 22°C)
Período quente-seco	Inverno seco (temperatura média de 19°C)
Precipitações	<p>Períodos chuvosos – novembro a janeiro (média mensal de 242,67mm)</p> <p>Período seco – inverno: junho e julho (média mensal de 11,13mm)</p> <p>Novembro a março – 70% do total de chuvas</p> <p>Índice pluviométrico anual: 1500mm.</p>
Umidade do ar	<p>Agosto – umidade relativa média de 56%</p> <p>Queda da umidade – de abril a setembro</p> <p>Média anual – 67%</p>
Velocidade do ar	<p>Ventos moderados – Leste</p> <p>Ventos constantes – Norte e leste</p> <p>Velocidade média mensal dos ventos – 2 e 3 m/s</p>

O mês de setembro é caracterizado como o mês mais quente e seco, e julho o mais frio com temperatura média de 18°C, (Figura 08).

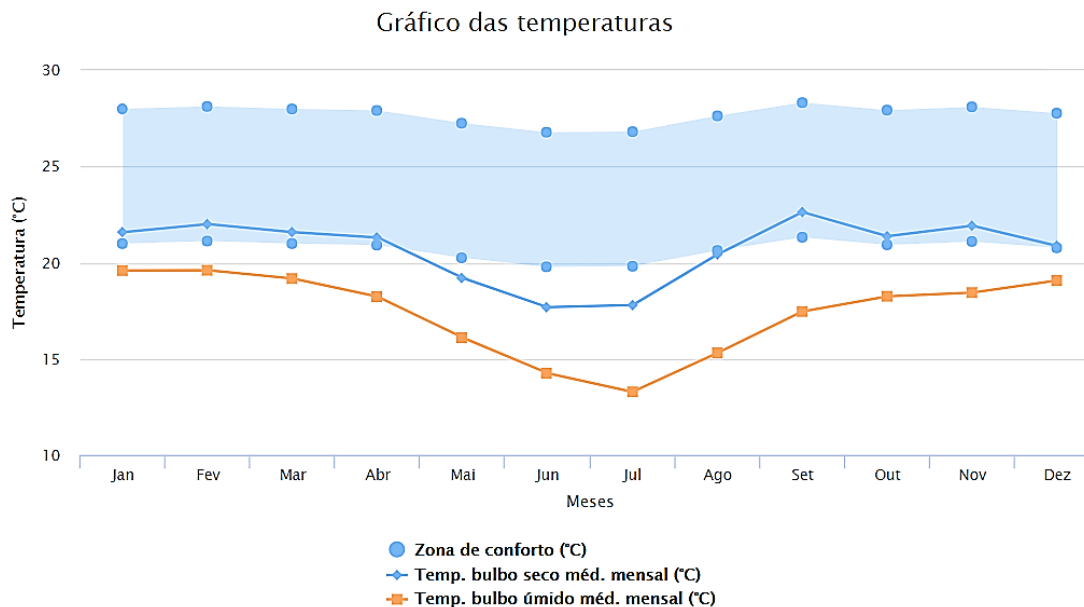


Figura 8 - Dados climáticos (INMET, 2016; PROJETEEEE, 2018).

A radiação solar apresenta valores elevados durante quase todo o ano, e a radiação difusa sendo mais intensa no verão. A radiação direta é mais acentuada no inverno, por serem meses secos com baixas nebulosidade. Meses parcialmente nublados: janeiro a maio e setembro e outubro; Meses com céu claro: junho a agosto.

2.5.4 Mapa de ruído de Brasília

O Instituto Brasília Ambiental (IBRAM, 2013), realizou um estudo de ruído ambiental com foco no ruído veicular, que trata do ruído ambiental gerado pelo tráfego de veículos em Brasília, e teve como objetivo avaliar o impacto sonoro provocado pelo transporte rodoviário. Neste relatório são apresentados os mapas de ruídos das principais vias de Brasília, dentre elas a via N1 e S1 – Eixo monumental, onde estão localizados o objeto de estudo deste trabalho. A via N1 e S1 possuem seis faixas de rodagem em sentido único (para leste e oeste), com 3,5 metros de largura em cada faixa.

O limite de velocidade nas vias é de 60 km/h e o trânsito é interrompido por diversos semáforos, Figura 09. Os resultados expostos pelo regulamento, mostram que 95% dos veículos responsáveis pelo transporte individual são leves.

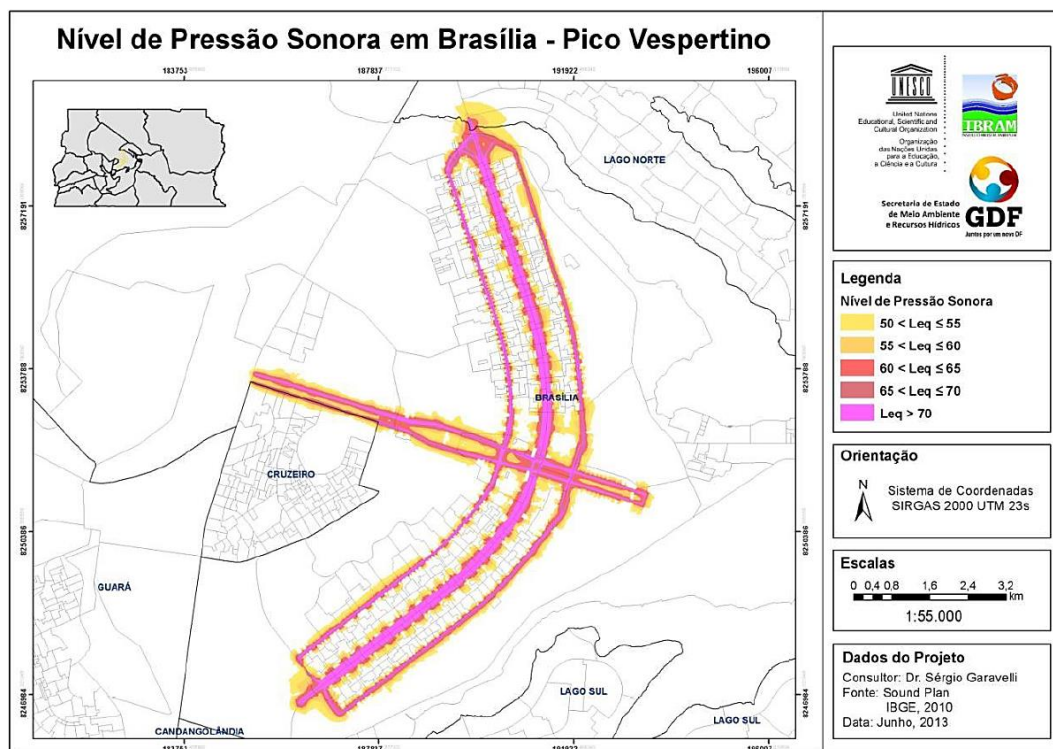


Figura 9 - Leq: horário de pico vespertino em Brasília (IBRAM,2013).

A área exposta ao Nível de Pressão Sonora (NPS) acima de 70 dB(A), encontra-se na própria faixa de rolamento das vias S1 e N1. Algumas fachadas dos edifícios comerciais e administrativos que estão mais próximos a essas vias são atingidas por esses Níveis de Pressão Sonora. Os edifícios da Esplanada dos Ministérios, tem sua fachada na faixa do Leq entre 60 e 65 dB(A). A legislação prevê um limite de 60 dB(A) para área mista, comercial e administrativa. Vale ressaltar, que nas vias onde as velocidades são mais elevadas, é importante escolher corretamente uma superfície na qual o contato dos pneus dos veículos produza níveis menores de ruídos.

CAPÍTULO 3 – DESEMPENHO AMBIENTAL: TÉRMICO E ACÚSTICO

3.1 CONCEITO DE DESEMPENHO

O conceito de desempenho de edificações teve origem na Europa, ainda nos anos 1960, tornando-se uma metodologia estruturada para projetar, desenvolver materiais, componentes e sistemas a partir dos anos de 1980, com a publicação da norma ISO 6241:1984 – *Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered*, que estabeleceu um conjunto de requisitos aos quais uma edificação deve atender visando a segurança, habitabilidade e sustentabilidade Tabela 04 e 05 (ABNT, 2013).

Tabela 4 - Requisitos de usuário – ISO 6241:1984.

REQUISITOS	EXEMPLOS DE VERIFICAÇÕES
Estabilidade estrutural	Resistência mecânica e ações estáticas e dinâmicas; Efeitos climáticos (fadiga)
Segurança ao fogo	Risco de propagação de chamas; Efeitos fisiológicos (controle de fumaça e ventilação); Tempo de alarme, tempo de evacuação e tempo de sobrevivência
Segurança ao uso	Proteção contra explosões e queimaduras; Proteção contra movimentos mecânicos; Proteção contra choques elétricos; Proteção contra radioatividade; Segurança durante movimentos e circulação; Segurança contra intrusão humana ou animal
Estanqueidade	Estanqueidade à água; Estanqueidade ao ar; controle de intrusão de poeira
Conforto higrotérmico	Controle da temperatura do ar e radiação térmica; Controle da velocidade e umidade do ar; Controle da condensação
Pureza do ar	Ventilação; Controle de odores; Controle de gases tóxicos
Conforto acústico	Controle de ruídos (contínuos e intermitentes); Inteligibilidade do som; Tempo de reverberação
Conforto visual	Controle da iluminação natural e artificial; Insolação; Nível de iluminância contraste de luminância; Possibilidade de escurecimento; Aspectos de acabamento (cor, textura, regularidade); Contato visual (internamente e com o mundo exterior)
Conforto tátil	Aspereza e flexibilidade das superfícies; Umidade e temperatura nas superfícies; Ausência de descargas de eletricidade estática
Conforto antropodinâmico	Limitações de acelerações e vibrações; Conforto do pedestre em áreas ventuosas; Aspecto de resistência e manobrabilidade humana
Higiene	Instalações para o cuidado do corpo humano; Suprimento de água limpa; Evacuação das águas servidas; Materiais e fumaça

Tabela 5 – Continuação da Tabela 4.

Adequabilidade à usos específicos	Número; Tamanho; geometria e inter-relações dos espaços; Provisão de serviços e equipamentos; Flexibilidade
Durabilidade	Conservação do desempenho durante toda vida útil; Possibilidade de manutenção e reposição
Economia	Custos de implantação; Custos financeiros; Custos de operação e manutenção

Entidades internacionais no âmbito da construção civil começaram a estudar o tema de desempenho a partir da década de 70, com especial destaque para o CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*), a RILEM (*Reunióón Internationale de Laboratoires d'Essais et de recherches sur les Materiaux et construction*) e ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Através da junção destas três entidades aconteceu o primeiro simpósio sobre o conceito de desempenho aplicado a edifícios.

O CIB começou a trabalhar na área de Desempenho de Construções no ano de 1970, com a criação da Comissão de Trabalho W060, abordando o conceito de desempenho para construções e, a partir dessa época, o tema passou a ser estudado de maneira estruturada e com maior ênfase. Em 1982, foi criado pela primeira vez o conceito de desempenho, que pode ser definido como a prática de se pensar em termos de fins e não de meios. A preocupação era com os requisitos que a construção deveria atender e não com a prescrição de como essa deveria ser construída.

A Figura 10 ilustra o conceito de desempenho ao mostrar os diferentes caminhos adotados pelas abordagens prescritiva e de desempenho. No caso da abordagem prescritiva, o desempenho final obtido da edificação é a interação dos desempenhos implícitos nas soluções (meios) adotadas para cada parte da construção. Já na abordagem de desempenho, parte-se do desempenho desejado global – os atributos, os fins – para a escolha e definição das soluções todas as partes, que devem ter um desempenho compatível com o desejado (BORGES, 2008).

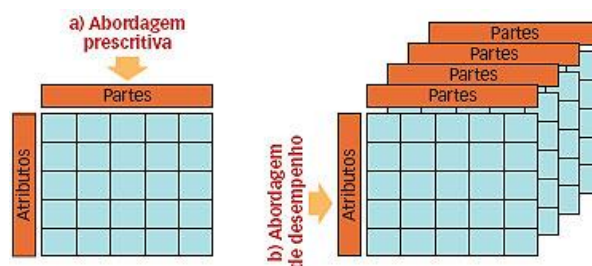


Figura 10 - Matriz de partes e atributos: (a) abordagem prescritiva e (b) baseada no desempenho (BORGES, 2010).

Nas literaturas pesquisadas, diversos autores trazem conceitos de desempenho, tal como Bueno (2010) diz que o conceito de desempenho na construção civil está, há muitos anos, associado ao comportamento em uso das edificações, dentro de condições preestabelecidas. O grande desafio é que tal comportamento atenda às expectativas dos usuários das edificações ao longo de sua vida útil, que também deve ser preestabelecida, e dentro de técnica e socioeconômica de cada empreendimento e localidade. De acordo com Borges (2008) o edifício é percebido como um grande sistema, elementos e componentes que interagem entre si, cada um com uma função determinada para a obtenção do desempenho global. Para se atingir o desempenho dos sistemas, é necessário conhecer o desempenho dos elementos e componentes que os compõem.

Um dos grandes desafios para a utilização da abordagem de desempenho na construção civil é a tradução das necessidades dos usuários em requisitos e critérios que possam ser mensurados de maneira objetiva, dentro de determinadas condições de exposição e uso (BORGES; SABBATINO, 2008). Os requisitos de desempenho são expressos em termos qualitativos enquanto que os critérios de desempenho, em termos quantitativos. Os métodos de avaliação para mensuração do desempenho variam de acordo com o momento e os objetivos das avaliações.

3.2 DESEMPENHO TÉRMICO

Para Comiran (2014) o desempenho térmico está relacionado às trocas térmicas da edificação com o meio, além disso, diversos fatores influenciam no comportamento térmico, como as características deste meio e dos materiais presentes, a forma da edificação e dos ambientes. A escolha dos componentes construtivos deve ser analisada uma vez que podem ser aproveitados como estratégias construtivas para se adequar às condições climáticas naturais (SANTOS, 2010).

Para alcançar um desempenho térmico satisfatório, algumas características do local devem ser consideradas, tais como: topografia, temperatura e umidade do ar, direção do vento, dentre outros. E para a edificação, devem ser considerados os materiais constituintes, números de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé direito e orientação das fachadas (MORONI, 2015). A orientação do edifício, pode contribuir para o aumento ou a diminuição à exposição da superfície da fachada e cobertura à radiação solar direta (AKSAMAIJA e WILL, 2013).

Do mesmo modo, o espaço urbano onde está inserida a edificação pode potencializar ou minimizar os fatores de incidência solar, ventilação, radiação e reflexão das superfícies. Avaliar o desempenho térmico de uma edificação significa avaliar seu comportamento térmico frente a requisitos pré-estabelecido, para atender as necessidades térmicas do usuário frente às ações climáticas às quais a edificação está sujeita (LAMBERTS; GHISI; PEREIRA, 2010).

Roriz (2013) diz que para a obtenção de um bom desempenho térmico, a envoltória do edifício deve atuar como um filtro em relação ao ambiente externo, impedindo a entrada de elementos indesejáveis, mas permitindo que os ambientes internos se beneficiem dos elementos que contribuem para o conforto do usuário. A fim de proporcionar aos ocupantes um ambiente confortável e seguro, a envoltória deve cumprir várias funções, como bloquear o ganho de calor solar indesejado, proteger os ocupantes do ruído externo e das extremas temperaturas, resistindo à penetração do ar e da água (AKSAMAIJA; WILL, 2013).

Oliveira (2015) traz como exemplo que a adoção da cor clara nas superfícies da envoltória pode contribuir também para a redução dos ganhos de calor em localidades de clima quente, uma vez que são mais refletivas apresentando assim, menor potencial de absorvência à radiação solar. É importante destacar que seus efeitos poderão ser potencializados caso se adote uma solução conjunta com menor capacidade térmica e transmitância térmica.

Vale analisar em conjunto algumas características importantes do material, por exemplo, a resistência térmica que, quanto maior, menor será a intensidade de troca de calor com outro ambiente. Exemplo é um inverno rigoroso que há troca de calor entre o ambiente interno e o externo. A capacidade térmica determina a quantidade de calor que um ambiente precisa receber para alterar sua temperatura. Tais características são intimamente ligadas a densidade do material.

Em alguns casos a incidência solar deve ser controlada para não aquecer a edificação. Sá (2008) traz como exemplo soluções como o tratamento da cobertura das edificações com

áreas verdes e pinturas reflexivas para diminuir a absorção de calor para o edifício, fazendo o uso de acabamentos claros nas áreas de maior incidência solar.

Segundo Santos Filho (2015), os conceitos de desempenho e conforto nas edificações são muitas vezes confundidos quanto ao seu significado e abrangência. O desempenho das edificações, é o comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, ou seja, existem requisitos e critérios aplicados a edificação, que deve ser respeitado pelos responsáveis. Entretanto, o desempenho visa verificar a influência em seus usuários, enquanto, o conceito de conforto é mais amplo que o conceito de desempenho. A verificação do conforto tem como objetivo a satisfação do usuário no espaço de permanência, levando em consideração aspectos ambientais, fisiológicos, psicológicos, dentre outros.

Segundo a norma americana ASHRAE Standard 55:2010, o conforto térmico pode ser definido como um estado ou condição de sentir satisfação com relação ao ambiente térmico onde a pessoa se encontra. Se o resultado das trocas de calor que o corpo está submetido for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que a pessoa está em conforto térmico. Para Olgyay (1973) a zona de conforto representa aquele ponto no qual a pessoa necessita de consumir a menor quantidade de energia para se adaptar ao meio ambiente circundante. A ASHRAE 55 (2010) pontua a existência de seis variáveis que se dividem entre humanas e ambientais e devem ser abordadas ao definir condições de conforto. As variáveis humanas são: (i) metabolismo gerado pela atividade física; (ii) resistência térmica oferecida pelas vestimentas. As variáveis ambientais são: (i) temperatura do ar; (ii) temperatura radiante média; (iii) velocidade do ar; (iv) umidade relativa do ar.

Entende-se a não satisfação pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (NICOLETTI, 2009). O conforto térmico é uma relação direta entre indivíduo e o ambiente. As diretrizes de projetos para garantir melhores condições de conforto térmico direcionam-se para a melhoria do desempenho da envoltória, do sistema construtivo e dos materiais selecionados, em coerência com as cargas internas e as condicionantes locais.

A partir da necessidade de definição dos parâmetros e índices de conforto térmico, vários estudos bioclimáticos foram realizados em busca de equacionar a satisfação humana frente às variáveis climáticas (FERNANDES, 2009). Alguns pesquisadores com o intuito de avaliar o efeito conjunto das variáveis de conforto térmico, sugerem diferentes níveis de

conforto. Estes podem ser divididos em dois grandes grupos: os que estão baseados no balanço de calor (sendo o voto médio estimado ou PMV) e os que têm uma abordagem adaptativa. Tais índices, são desenvolvidos por Fanger no ano de 1970, sendo considerado o mais completo dos índices de conforto, pois analisa a sensação térmica e o grau de desconforto em ambientes fechados em função de sete variáveis.

3.2.1 Trocas térmicas

As trocas térmicas entre dois sistemas acontecem quando existe uma mudança do estado físico desse sistema ou uma diferença de temperatura entre dois sistemas no mesmo espaço, variando o meio que se propaga e o estado de agregação no qual se encontram os elementos, gerando assim um fluxo de calor de um sistema para o outro (VASQUEZ, 2017).

Os fenômenos de trocas térmicas entre o ambiente construído e o entorno ocorrem a partir de duas condições sendo o organismo humano e o meio ambiente térmico:

- Calor sensível: calor perdido para o ambiente a partir de trocas secas quando há mudança de temperatura, o corpo mais quente perde calor para o mais frio.
- Calor latente: calor perdido através de trocas úmidas.

Existem três maneiras distintas de trocas térmicas secas: por condução, por convecção e por radiação.

3.2.1.1 Transmissão de calor por radiação

Vasquez (2017) define radiação como a transmissão de calor, em forma de ondas eletromagnéticas, entre dois corpos sem contato e que estejam com diferentes temperaturas. Os principais coeficientes envolvidos são os coeficientes de absorção (α) e de emissividade térmica (ϵ) da superfície. A emissividade expressa a capacidade de uma superfície de emitir calor. A combinação desses fatores gera um coeficiente simplificados chamado de coeficiente de trocas térmicas por radiação (h_r). Já Lamberts e Duarte (2016) dizem que a radiação ocorre mediante uma dupla transformação da energia: uma parte do calor do corpo com maior temperatura se converte em energia radiante que chega até o corpo com menor temperatura, onde é absorvida numa proporção que depende das propriedades da superfície receptora.

A radiação incidente (E_i) em um objeto pode ser refletida (E_p), transmitida (E_t) ou absorvida (E_a) como mostra a Figura 11.

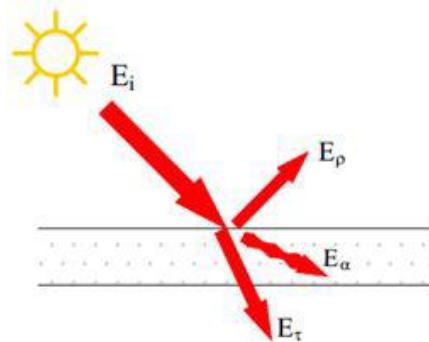


Figura 11 - Comportamentos da radiação (RODRIGUES, 2016).

3.2.2 Radiação solar e o edifício

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta e pode ser dividida em direta e difusa. A parcela de radiação que atinge diretamente a Terra é chamada de radiação direta e sua intensidade depende da altura solar (H) e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora (θ). Além disso, a radiação é a principal fonte de calor do planeta terra, e pode ser explorada e evitada conforme necessário (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Em um clima tropical, a principal causa de desconforto térmico é o ganho de calor produzido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies dos ambientes construídos. Corbella (2003) diz que o primeiro objetivo do projeto arquitetônico é a proteção da radiação solar. Segundo Gonçalves e Bode (2015) o controle da radiação solar é o mecanismo mais importante para determinar os ganhos de calor pelo edifício, por isso a importância da forma, da orientação solar e da proteção da envoltória onde necessário. Levando em consideração que toda matéria emite energia radiante, algumas superfícies se aquecem mais sob a radiação solar direta do que outras, porque elas interagem com a radiação de maneira diferente.

Como já mencionado no texto, a envoltória possui relação direta com a carga térmica de uma edificação, local onde ocorrem as trocas térmicas. A principal solução é a escolha dos materiais que compõem a envoltória, de acordo com a carga interna e o clima da implantação. As formas de minimizar a absorção pelas superfícies, é a utilização de obstáculos e a adoção de cores claras no caminho da radiação solar (MAZAFERRO, 2015). A fração da radiação solar

que é refletida por uma superfície é chamada de albedo dessa superfície. Quanto maior o albedo, mais energia é refletida e menos é absorvida.

Ao longo do dia, ocorrem ganhos e perdas de calor por todos os elementos de vedação, lembrando que ambientes de uma edificação com pouca inércia acompanham as variações da temperatura externa ao passo que àqueles com muita inércia, a temperatura interna permanece mais constante com menos variações.

Se tratando da cobertura, será considerado os fechamentos opacos de uma edificação. Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (2014) nos fechamentos opacos, a transmissão de calor acontece quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior. O sentido do fluxo de calor será sempre da superfície mais quente para a mais fria dependendo da sua condutividade térmica, propriedade dependente da densidade do material.

Outra característica importante dos fechamentos é sua Inércia Térmica e o Isolamento Térmico. Segundo Fernandes (2009) o uso da Inércia Térmica como estratégia bioclimática é indicada principalmente em locais com altas amplitudes térmicas diárias, como visto no clima de Brasília. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido (durante o dia), e este pode ser devolvido ao interior quando a temperatura do ar for menor que a da superfície (a noite).

O Isolamento Térmico tem como objetivo impedir as trocas térmicas (saída de calor gerado no interior da edificação no frio e a entrada de calor externo no verão), são constituídos por materiais de baixa condutividade térmica combinados para obter uma condutividade térmica do sistema ainda menor, de modo que a taxa de transferência de calor diminua enquanto as temperaturas externas permanecem constantes. É aplicado na envoltória do edifício - paredes externas, cobertura e piso. Nos climas tropicais, o isolamento térmico é recomendado principalmente na cobertura, pois esta parte da envoltória recebe a maior carga térmica solar.

Outra característica importante é considerar a absorvência à radiação solar, sendo uma propriedade do material referente a parcela da radiação absorvida pelo mesmo. Materiais com cores claras apresentam absorvência baixa, absorvem menos radiação. Quanto maior a absorvência, maior a parcela da energia incidente que se transforma em calor (radiação de ondas longas) após incidir sobre um material opaco.

3.2.3 Propriedades térmicas dos materiais

Os materiais e elementos construtivos se comportam termicamente em função de suas propriedades térmicas. O conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor pode ter impacto significativo no desempenho térmico das edificações, o que permite prever qual será a resposta de um prédio e às variações do clima externo, além das escolhas de materiais que se adequem ao clima (CORBELLA, 2003).

As principais propriedades para o entendimento do aspecto térmico dos materiais são descritas nas Tabelas 06 e 07 a seguir, e foram baseados na norma ABNT NBR 15.220:2005.

Tabela 6 - Características térmicas dos materiais (ABNT NBR 15220-1:2005).

GRANDEZA	DEFINIÇÃO	Símbolo	Unidade
Absortância à radiação solar	Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície ⁶ .	α	-
Refletância à radiação solar	Quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta superfície.	ρ	-
Emissividade	Quociente da taxa de radiação solar emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura ⁷ .	ε	-
Condutividade térmica	Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de $1\text{W}/\text{m}^2$, quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro ⁸ .	λ	$\text{W}/(\text{m.K})$
Calor específico	Quociente da capacidade térmica pela massa.	c	$\text{J}/(\text{kg.K})$
Resistência térmica de elementos e componentes	Quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário.	R	$(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$
Transmitância térmica	Inverso da resistência térmica total	U	$\text{W}/\text{m}^2.\text{K})$

⁶ A radiação solar está concentrada na região do espectro eletromagnético compreendida entre comprimento de onda de $0,2\ \mu\text{m}$ e $3,0\ \mu\text{m}$ (ABNT NBR 15220:2005).

⁷ Todas as grandezas relativas às propriedades radiantes dos componentes devem fazer referência ao comprimento de onda da radiação e à sua direção de incidência ou de reflexão ou de emissão.

⁸ Quando existe transferência de calor por condução, convecção e radiação em materiais porosos recomenda-se usar o termo “condutividade térmica aparente” (ABNT NBR 15220:2005).

Tabela 7 – Continuação da Tabela 6.

Fator solar de elementos opacos	Quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo	FS _o	-
Fator solar de elementos transparentes ou translúcidos	Quociente da taxa de radiação solar diretamente transmitida através de um componente transparente ou translúcido, sob determinado ângulo de incidência, mais a parcela absorvida e posteriormente retransmitida para o interior, pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo.	FS _t	-

As superfícies opacas dos materiais possuem três propriedades, as quais determinam seu comportamento em relação à radiação térmica, sendo elas: a absorvância, a refletância e a emissividade, e que variam de acordo com o comprimento de onda da radiação. Neste tipo de superfície, uma parte da radiação incidente é refletida e outra absorvida, e o somatório das duas parcelas devem ser iguais a um.

Segundo Santos Filho (2015), se a absorvância for igual a 0,7, significa que 70% da radiação incidida será absorvida e 30% será refletida. Da mesma forma para a refletância, onde o índice indica a porcentagem de radiação refletida. A condutividade térmica para Moroni (2015) é expressa pela capacidade do material de conduzir o calor.

De acordo com Lamberts, Dutra, Pereira (2014), as camadas de um fechamento têm resistências térmicas distintas, onde o inverso da resistência total do fechamento é a sua transmitância térmica (U). A resistência térmica (R) de cada componente está relacionada à espessura (e) e condutividade térmica (λ) dos materiais constituintes, e representam a sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de energia por unidade de área e de diferença de temperatura. O cálculo da resistência térmica total do sistema (RT) depende tanto da resistência térmica do material, quanto das resistências térmicas da superfície, como exemplificado pela Equação 3.1 e 3.2.

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si} \quad (3.1)$$

Onde:

RT = resistência térmica total do sistema;

R = resistência térmica;

R_{se} = resistência térmica da parte externa da superfície do componente;

R_{si} = resistência térmica da parte superficial interna da superfície do sistema.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (3.2)$$

Onde:

R = resistência térmica;

e = espessura;

λ = condutividade térmica.

A transmitância térmica é a variável mais importante para a avaliação do desempenho de fechamento opacos, através dela é possível avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor, Equação 3.3.

$$U = 1/R_T \text{ (W/m}^2\text{.k)} \quad (3.3)$$

Onde:

U = transmitância térmica;

R_T = resistência térmica total.

A capacidade térmica (CT) é a propriedade que determina se o material retém mais ou menos calor, e é conhecida como a capacidade de perder ou absorver calor em determinado corpo, em razão da variação da temperatura. Um material com alta capacidade térmica necessita de uma grande quantidade de calor para variar um grau de temperatura de seus componentes por unidade de área. A partir da obtenção do valor da capacidade térmica pode-se avaliar quanto um determinado material pode contribuir em termos de inércia térmica para um ambiente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A capacidade térmica é calculada pela Equação 3.4 (NBR 15220-2:2005).

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (3.4)$$

Onde:

C_T = capacidade térmica;

λ_i = condutividade térmica da camada;

R_i = resistência térmica da camada;

e_i = espessura da camada;

c_i = calor específico do material da camada;

ρ_i = densidade de massa aparente do material da camada.

3.3 DESEMPENHO ACÚSTICO

O desempenho acústico avalia a capacidade que determinado sistema possui de atenuar, diminuir ou extinguir ruídos indesejados dentro do edifício (EVANGELISTA, 2017).

De acordo com Pierrard e Akkerman (2013) a partir do conceito de desempenho de edificações, o desempenho acústico em vários países, acabou se tornando exigência de leis e códigos de obras, tendo em vista seu impacto sobre a saúde humana. Fatores estes causados pelas mudanças na estrutura das cidades e o conseqüente aumento da densidade demográfica, levaram à otimização e aproveitamento do espaço urbano, tais como, a verticalização das estruturas edificadas, impulsionando assim o desenvolvimento de novas tecnologias na construção civil. Tecnologias estas que, racionalizaram a construção civil por causa do desenvolvimento tecnológico. As estruturas foram ficando mais leves, as paredes, fachadas, divisórias de ambientes e lajes de cobertura menos espessos, acarretando em uma maior transmissão sonora (AKKERMAN, 2012).

Em decorrência desta evolução, a busca por técnicas construtivas e materiais que proporcionassem maior agilidade no tempo da construção associada a custos menos onerosos, se tornou inevitável. Tais fatores, refletem no desempenho e na qualidade acústica das edificações. Para Rezende; Rodrigues e Vecci (2014) o desempenho acústico em edificações está relacionado ao incômodo gerado pelo ruído, o qual pode ser avaliado por índices estabelecidos em norma e regulamentações, e através de análise objetiva e subjetiva efetuada junto aos usuários das edificações.

Santos Filho (2015) diz que existe uma diferença entre o desempenho e o conforto acústico, pois, o desempenho leva em consideração valores prefixados em requisitos e critérios e o conforto acústico é complementado por parâmetros psicoacústicos, estuda a relação entre

sensações auditivas e as características físicas do som, estando diretamente relacionado ao usuário.

Dessa maneira, o conforto acústico é fundamental para melhorar as condições de trabalho nos edifícios corporativos, que hoje em dia concentram grande número de pessoas e equipamentos. Um dos aspectos tratados nas soluções acústicas é a privacidade, fundamental em edifícios de escritórios, tanto para o sigilo de quem fala, quanto para o conforto de quem escuta, já que os ruídos podem ser fonte de distração e perda de produtividade. Tal fato é justificado por Sá (2008) quando diz que tanto o conforto térmico quanto o acústico tem como objetivo promover sensação de bem-estar físico e psíquico quanto à temperatura e sonoridade, através de recursos naturais, elementos de projeto, elementos de vedação, paisagismo, climatização e dispositivos eletrônicos e artificiais de baixo impacto ambiental.

Para evitar ou solucionar problemas decorrentes do ruído de acordo com Vasquez (2017), deve-se identificar as fontes de ruído existentes no entorno do edifício e verificar as fontes que serão criadas pelo próprio projeto. Atingir o bem-estar acústico pressupõe: a exclusão ou o amortecimento do ruído externo; a redução do som que passa de um ambiente para outro e o aumento da qualidade do som no ambiente projetado. Após identificadas as fontes, é necessário classifica-las de acordo com o seu modo de propagação: ruído aéreo (propagada pelo ar) ou de impacto (propagado pelo corpo sólido – vibração), em que cada um exigirá um tratamento acústico específico.

Como afirmam Duarte e Viveiros (2004), países tropicais como o Brasil necessitam de estudos em acústica, visto que suas construções, geralmente apresentam grande número de aberturas e têm menor densidade na envoltória, sendo estes dois aspectos desfavoráveis para um bom isolamento sonoro. Se os fechamentos das edificações forem leves, segundo Albuquerque (2007), mais facilmente os sons são transmitidos para o interior da edificação. Assim como paredes com muita massa têm a capacidade de absorver calor, o que proporciona inércia térmica, a mesma também está aliada à isolação acústica. Portanto, quanto mais massa e mais peso, mais isolação acústica (LOTURCO, 2015).

No que diz respeito ao conforto acústico, vale destacar a diferença entre o som e ruído. Para Corbella (2003) o som é uma sensação causada no ouvido por variações de pressão do ar. Estas variações são produzidas por uma fonte de som. As fontes podem ser: objetos móveis e ar em movimento. Já o ruído é o som que incomoda e seus efeitos levam a perda de audição

(excessiva exposição a níveis altos), interferência com sons desejados (impede a informação desejada) e a perda de audição (OLIVEIRA, 2016).

O som é caracterizado pelo seu nível, frequência e timbre que se relaciona diretamente com a composição harmônica da onda sonora, e a intensidade, que diz respeito à amplitude da onda sonora. A frequência corresponde ao número de vibrações, isto é, ciclos de compressões e rarefações da partícula sujeita a estímulo sonoro em um segundo e sua unidade de medida é o hertz (Hz). Autores como Costa (2003) diz que os sons audíveis aos seres humanos estão numa faixa de frequência de 20Hz e 20.000Hz (REZENDE; MORAIS FILHO; NASCIMENTO, 2014; OLIVEIRA, 2016).

A propagação de uma onda sonora após a incidência sobre determinada superfície se dá através de três fenômenos distintos, em diferentes proporções. São eles: reflexão, absorção e transmissão. A reflexão apresenta a parcela da onda que, ao se chocar com uma superfície, retorna ao meio que a originou. Tal parcela depende de quão densa e estanque a superfície se apresenta. Maiores índices de densidade e estanqueidade correspondem a maiores graus de reflexão (OLIVEIRA, 2016).

Para Ritter (2014) um bom projeto acústico deve prever isolamento e absorção acústica. O isolamento diz respeito ao uso de materiais que devem formar uma barreira, impedindo que a onda sonora ou o ruído passe de um ambiente para outro. Já a absorção acústica é referente ao uso de peças que minimizam a reflexão das ondas sonoras em um mesmo ambiente, diminuindo ou até mesmo anulando a sua reverberação. Já a transmissão é a parcela de energia que não se refletiu ou foi absorvida pelo obstáculo, sendo capaz de atravessar a barreira imposta pela superfície, como mostra a Figura 12.

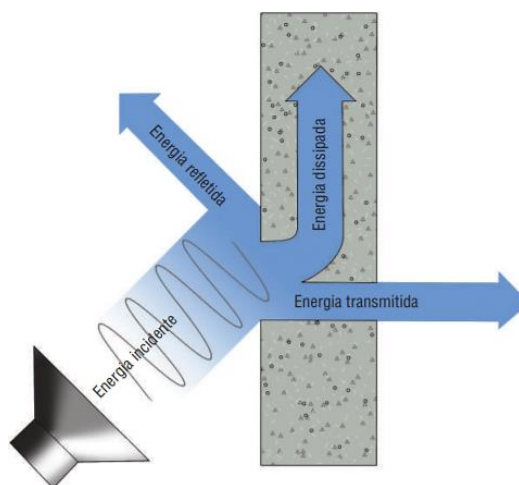


Figura 12 - Formas de propagação de onda incidente sobre determinada superfície (DRYWALL, 2015).

3.3.1 Ruído do Entorno

Segundo Souza; Almeida e Bragan (2006) a atuação do arquiteto relaciona-se à parte da acústica chamada controle de ruídos. O controle e a prevenção de ruídos estão divididos em dois grupos: ruídos internos à edificação e ruídos externos à edificação. Identificar os sons e as atividades que interferem no projeto, requer um levantamento e análise de dados relacionados às atividades e à ocupação do solo, à localização e às características das ruas, estradas e vias, à conformação topográfica, ao posicionamento e às características de edificações vizinhas, às eventuais características que possam se relacionar ao ambiente.

Os ruídos tem sido objeto para inúmeros estudos, como definição geral, todo som indesejável à atividade de interesse é considerado ruído, independentemente de seu espectro. (SOUZA, ALMEIDA e BRAGAN, 2006; MATEUS, 2008). As fontes de ruídos avaliados nas edificações se caracterizam por; ruído aéreo, sendo aquele que se propaga pelo ar e o ruído de impacto, aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo (CARVALHO, 2010).

A interação do edifício com o ruído urbano, possui problemas que podem ser tratados de forma semelhante aos provocados pela radiação solar, com a inserção de obstáculos para impedir ou atenuar a sua chegada ao ambiente construído.

Em sua maioria, as grandes cidades apresentam uma grande concentração de atividades sócio econômicas nas áreas centrais, e em virtude do crescimento urbano acelerado e desordenado. Para Barros, Costa e Oiticica (2015) os consequentes problemas ambientais ocasionados, evidencia-se um agravamento do ruído urbano, comprometendo a qualidade de vida da população. Incluem-se como as principais fontes de ruído externos: os sons emitidos decorrentes de atividades humanas, como transporte rodoviários e aéreos. Dentre todas as fontes, os veículos são os maiores responsáveis pela poluição sonora urbana (SOUZA; ALMEIDA e BRAGAN, 2006; ZAJARKIEWICCH, 2010).

Segundo Queiroz (2007) o instituto inglês *British Research Establishment* produziu um levantamento estatístico das reclamações sobre ruído na Inglaterra e demonstrou que o número de pessoas incomodadas com o ruído está aumentando com o passar dos anos juntamente com o crescimento das cidades. Entre os anos de 1987 e 1988 o número de reclamações a respeito do ruído por milhão de pessoas foi de 1700, e entre 1997 e 1998 este valor chegou a 5000, comprovando o aumento do descontentamento da população com o ruído.

Para diminuir o ruído em escala urbana, Corbella (2003) diz que o primeiro procedimento é a localização das fontes de ruído. No entanto, as fontes podem ser pontuais ou lineares. Nas fontes pontuais, o barulho se origina em um local pequeno comparado a uma vizinhança, e o ruído diminui com o quadrado da distância. Enquanto que as fontes lineares, como no caso de uma rodovia que possui um fluxo constante de veículo, produz um ruído que se expande de forma cilíndrica. Nesse caso, a diminuição do ruído é diretamente proporcional ao afastamento, diminui linearmente com o aumento da distância. Também se observa o tipo de solo, pois o mesmo pode refletir o ruído até o ambiente interno.

O ruído de tráfego rodoviário depende de vários fatores, como: o tipo de rodovia e suas condições de manutenção, pois tanto o volume de tráfego como as depressões existentes na rodovia tendem a aumentar a percepção do ruído: a velocidade dos veículos. De acordo com Souza; Almeida e Bragan (2006) as maiores velocidades estão relacionadas aos ruídos mais intensos; o tipo de veículos (leve, médio ou pesado), quanto mais pesado o veículo, mais intenso o ruído. A hora do dia também é um fator determinante do grau de importância dado ao ruído. Para Alucci (2018) o que permite avaliar o impacto do ruído de tráfego nos ambientes da edificação, são caracterizados pelo tipo de via (expressa, coletora, local), pelo número de veículos que trafegam em cada uma das vias (veículo/hora), parcela de veículos pesados, e pela velocidade média dos veículos.

Em Brasília existe a Lei Distrital nº 4.092/2008 – Dispõe sobre o controle da poluição sonora e os limites máximo de intensidade da emissão de sons e ruídos resultantes de atividades urbanas e rurais no Distrito Federal. No âmbito federal, a resolução CONAMA nº01/1990 remete aos parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 10.151:2019. Por sua vez, a resolução CONAMA nº 01/1993 dispôs sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores e importados. A norma ABNT NBR 10.151:2019 fixa valores máximos de comparação de limites de níveis de pressão sonora equivalente ponderado na banda A (L_{Aeq}) com valores de nível de critério de avaliação (NCA) por tipos de áreas e por períodos do dia (ZAJARKIEWICCH, 2010; SANTOS FILHO, 2015; FEDERAL, 2018).

O L_{Aeq} é o nível do ruído contínuo equivalente ao som produzido durante um dado período de tempo medido com o filtro de frequências na ponderação A. Segundo o IBRAM (2018) os trabalhos utilizam: $L_{Aeq, dia}$, para os horários de pico, matutino e vespertino, o $L_{Aeq, dec}$ e $L_{Aeq, n}$.

3.3.2 Isolamento sonoro

O isolamento sonoro significa prover uma barreira ao fluxo de energia sonora. Segundo Albuquerque (2007) a barreira impõe determinada atenuação à transmissão ao longo do caminho de propagação da energia. Segundo Queiroz (2007) as ondas sonoras incidem sobre as superfícies das edificações, paredes, lajes ou coberturas fazendo com que vibrem. Nesse processo, nem toda a energia sonora atravessa as partições, parte da energia é refletida, parte é absorvida (transformada em calor) e outra parte é transmitida através da estrutura para outros elementos da construção. Na construção civil, o isolamento acústico é a forma indicada para reduzir a transmissão de som.

Para Akdag (2004) o projeto de um edifício deve abranger as investigações necessárias para proporcionar condições de conforto. As condições de conforto acústico em um espaço arquitetônico dependem significativamente do isolamento acústico da envoltória do edifício. Uma das condições fundamentais é a seleção de materiais com valores de perda de transmissão de som necessários, para que a envoltória do edifício seja suficiente em termos de isolamento acústico.

3.3.3 Método simplificado de avaliação do isolamento sonoro

Aksamaija e Will (2013) traz em seu livro princípios gerais para melhorar o desempenho acústico de uma envoltória. Alguns desses princípios aplicam-se apenas a paredes opacas.

- Aumentar a massa dos materiais. Em geral, quanto mais massivo for um material, maior será a perda de transmissão sonora;
- Combinar a frequência de ressonância dos materiais com as ondas sonoras predominantes. Quando a frequência das ondas sonoras coincide com a frequência de ressonância dos materiais, a energia é absorvida, resultando em maior perda de transmissão sonora;
- Providenciar quebras acústicas para dificultar a transmissão do som;
- Usar camadas de materiais diferentes. Isso criará descontinuidade, dificultando a passagem das ondas sonoras de um material para outro.

Segundo Mateus (2018) considerando apenas a via de transmissão direta, o fenômeno de transmissão sonora envolve um elevado número de variáveis tornando a modelagem matemática complexa. Estas variáveis são a massa dos elementos, a frequência do som, o

ângulo de incidência das ondas, a existência de pontos fracos de isolamento, a rigidez, o amortecimento do elemento e, no caso de elementos múltiplos, o número de painéis, as características de cada um deles e da sua separação.

Para Santos Filho (2015), a solução adotada para a modelagem matemática é a seleção de algumas variáveis mais importantes para o estudo do fenômeno. Quando desprezado o módulo de elasticidade do elemento e os fenômenos de amortecimento é possível calcular o isolamento sonoro do elemento de acordo com a Lei das Massas representado pela Equação 3.5, que calcula o índice de redução sonora. A redução sonora é dada em função da frequência que aquele elemento pode isolar.

$$R = 20 \log (m) + K \quad (3.5)$$

Onde:

R = redução sonora;

m = massa do elemento analisado;

K = fator de correção em função da frequência (Tabela 08).

Tabela 8 - Fator K de correção em função da frequência (COSTA, 2013 apud SANTOS FILHO, 2015)

Frequência em Hz	K
125	-5.5
250	0.5
500	6.6
1000	12.6
2000	18.6
4000	24.6
8000	30.7

Da análise da fórmula anterior verifica-se que o índice de redução sonora, ou isolamento sonoro, aumenta aproximadamente com acréscimos de 6 dB por cada duplicação da massa por unidade de superfície do elemento ou para cada duplicação da frequência do som. Tal variação segue a Lei das Massas, que leva a certas imprecisões na predição do isolamento sonoro, pois os

elementos de construção vibram em função da sua frequência fundamental, tornando possível a transmissão de uma grande quantidade de energia sonora em determinadas frequências de onda (MATEUS, 2008; SANTOS FILHO, 2015).

3.4 REVISÃO NORMATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO

3.4.1 Desempenho

A palavra desempenho denota o cumprimento de algo, a obrigatoriedade de seguir algum parâmetro e é nesse sentido que a norma de desempenho surge, para estabelecer parâmetros de eficiência e qualidade as habitações no Brasil. Como descreve Evangelista (2017) na década de 80 o tema Desempenho de Edificações tomou corpo no Brasil, especialmente pelo trabalho do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), além de diversos outros trabalhos de pesquisa realizados (BORGES, 2008).

A indústria da construção civil vem revolucionando positivamente seus parâmetros de qualidade quanto aos requisitos mínimos de segurança para as edificações, o que resultou na criação da norma técnica brasileira, a Norma de Desempenho entrou em vigor desde julho de 2013 (KUHN, 2015). A ABNT NBR 15.575:2013 impõe exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais e associa a qualidade de produtos ao resultado conferido ao consumidor. Cabe ao profissional especificar materiais, produtos e processos que atendam ao desempenho mínimo da norma considerando o desempenho previsto pelo fabricante dos produtos a serem utilizados no projeto.

O aspecto importante a ser considerado é a condição climática de cada região e os níveis de ruído externo às edificações, que podem alterar a percepção dos usuários em relação ao seu conforto térmico e acústico (BORGES, 2008).

Além da ABNT NBR 15.575:2013, existe também a norma ABNT NBR 15.220:2005, em que ambas tratam do desempenho térmico de edificações. Esta norma brasileira tornou-se importante por ser a primeira a buscar uma padronização inicial na definição das características construtivas necessárias, no sentido de fomentar a melhoria do desempenho térmico das edificações. Desta maneira, a ABNT NBR 15.575:2013, quanto aos critérios de eficiência térmica da edificação, se baseia na ABNT NBR 15.220:2005, que desde de 2003 já prevê diretrizes que visam melhorar o desempenho térmico (ALVES, 2016).

Se tratando do objeto de estudo deste trabalho, existe outra normativa que se encaixa com seus métodos prescritivos, sendo este o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicos, denominado como RTQ-C, criado pela portaria nº 372/2010. Tal documento considera a necessidade de zelar pela eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, e parâmetros referenciais para a envoltória das edificações, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho. Este regulamento foi criado para estabelecer as condições para a classificação do nível de eficiência energética para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) emitida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Para o desempenho acústico, a Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575:2013 estipula critérios de atenuação acústica de ruídos na parte 5, mas não quantifica os níveis de ruídos, pois para estes assuntos possuem normas específicas. Assim, ela considera a necessidade de isolamento acústico nas coberturas, e que a edificação apresente isolamento acústico adequado nas vedações externas para prevenir ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação (MELO; ELIAS; FENATO, 2018).

Não existe uma norma técnica específica que oriente o estudo ou determinação de parâmetros de desempenho térmico e acústico para edifícios de escritórios tombados. Na falta de normas específicas, as normas comentadas no item 3.4.2 serão utilizadas para a avaliação do desempenho das edificações em estudo.

3.4.2 Normativas de desempenho térmico

3.4.2.1 ANBT NBR 15.575:2013 – Desempenho Térmico

A ABNT NBR 15.575:2013 trata da avaliação do desempenho térmico das edificações unifamiliares de interesse social e possibilita a avaliação do edifício em partes e no todo. O zoneamento bioclimático e suas diretrizes construtivas, assim como os cálculos das características dos materiais serão considerados para análise de desempenho.

A seguir será apresentado à parte 5 – Requisitos para os sistemas de cobertura e a análise do desempenho será realizada através do método simplificado (normativo), para a escolha de

sistemas de cobertura, com base na transmitância térmica (U)⁹, conforme os procedimentos apresentados na ABNT NBR 15220-2:2005.

A primeira etapa de análise é determinar U da cobertura, e consiste em verificar se as condições técnico-construtivas, determinadas de acordo com o zoneamento bioclimático definido na ABNT NBR 15220-3:3005, estão sendo atendidas.

Parte 5 – Requisitos para os sistemas coberturas

Esta parte da norma apresenta os requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de coberturas. O requisito apresenta a transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para a zona bioclimática 4.

a) Critério 1 – Transmitância térmica de coberturas (U)

O sistema de coberturas é a parte da edificação mais sujeita a exposição da radiação direta do sol, exercendo influência predominante na carga térmica transmitida aos ambientes, influenciando diretamente no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia. O desempenho da cobertura pela transmitância térmica (U) é definido pela Tabela 09, onde o valor mínimo de aceitação na Zona Bioclimática 4 deverá ser menor ou igual a 2,3 W/m². K para valores de absorvância (α) menor ou igual a 0,6. E menor ou igual a 1,5W/m². K para valores de absorvância (α) maior que 0,6.

Tabela 9 - Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância Térmica W/m ² . K				
Zona 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV

α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.

NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2

Fonte: adaptado da ABNT (2013c).

⁹ Transmitância térmica: fluxo de calor que atravessa a área unitária de um componente ou elemento quando existe um gradiente térmico de 1°K entre suas faces opostas, sendo o fluxo expresso em Watts/m².°K. Inverso da resistência térmica.

O nível de aceitação M (denominado mínimo) é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância Térmica (U) W/m ² . K		
Zona 3 a 6		Nível de desempenho
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	M
$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	I
$U \leq 1,5$	$U \leq 1,0$	
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	S
$U \leq 1,0$	$U \leq 0,5$	

α é absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura.

NOTA O fator de ventilação (*FV*) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2

Fonte: adaptado da NBR 15575-5 (2013c).

3.4.2.2 ABNT NBR 15220:2005 – Desempenho Térmico

A NBR 15220:2005 estabelece procedimentos para cálculo das propriedades térmicas – resistência, transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar – de elementos e componentes de edificações. Com esses dados é possível qualificar o desempenho térmico, considerando as variáveis arquitetônicas (referentes aos materiais utilizados na edificação, ao número de pavimentos, dimensões, pé-direito, orientações de fachadas, entre outras) e as variáveis climáticas (características do local de implantação da obra).

A norma de Desempenho Térmico em edificações ABNT NBR 15220:2005 está estruturada em cinco partes. Para este trabalho, serão consideradas apenas a parte 2 - Métodos de cálculo da transmitância térmica, e parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

Esta norma apresenta recomendações aplicáveis à fase de projetos, portanto não se aplica diretamente para a avaliação do desempenho térmico neste trabalho. Entretanto, o zoneamento bioclimático e suas diretrizes construtivas, assim como os cálculos das características dos materiais serão considerados para análise do desempenho.

Se tratando de Brasília, o ganho de calor advindo da radiação solar resulta em um alto ganho térmico e elevado consumo de energia com ar condicionado. Por isso, deve-se evitar a radiação solar nos ambientes internos e minimizar a radiação solar nas fachadas e coberturas. A solução para os problemas de conforto térmico está no projeto da envoltória, que compreende em fechamentos, coberturas e aberturas da edificação. Desta forma, para avaliar o desempenho de superfícies opacas deve-se considerar as propriedades dos materiais empregados: absorvidade, refletividade, transmissividade, emissividade e condutividade térmica, conforme a ABNT NBR 15220:2005.

Por fim, de acordo com a ABNT NBR 15.220:2005, a cidade de Brasília, está definida como integrante da Zona Bioclimática 4 (Figura 13). Os dados geográficos são latitude 15.78 S, longitude 47.93 W e altitude 1160m.

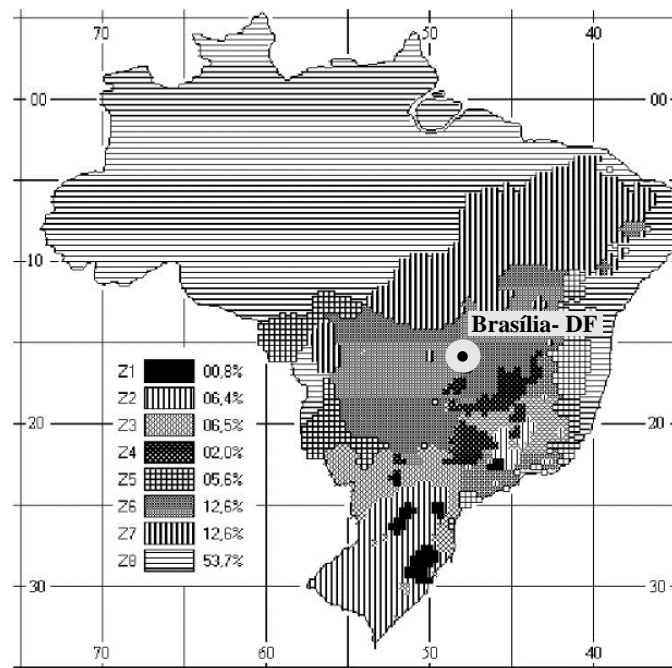


Figura 13 - Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras (ABNT NBR 15220-3:2005).

A norma traz diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática, dentre elas relativas a aberturas, paredes e coberturas. As diretrizes construtivas para a zona bioclimática 4 são representadas pelas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 4 (ANBT NBR 15220:2005)

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Tabela 12 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa (ABNT NBR 15220:2005)

Vedações externas		Transmitância térmica (U) W/m². K	Atraso térmico (φ) Horas	Fator solar - FS_o
Paredes	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$

A ABNT NBR 15220-2:2005 apresenta métodos de cálculos para o desempenho térmico de edificações. Dentre elas, os itens a seguir já foram descritos neste trabalho no item 3.2.3 Propriedades térmicas dos materiais da envoltória.

- Resistência térmica;
- Transmitância térmica;
- Capacidade térmica de componentes.

Vale ressaltar também o método de cálculo de Fator de ganho de calor de elementos opacos a seguir na Equação 3.6.

Fator de ganho de calor solar de elementos opacos

$$FS_o = 4. U. \alpha \quad (3.6)$$

Onde:

FS_o = fator solar de elementos opacos em percentagem;

U = transmitância térmica do componente;

α = absorptância à radiação solar – função da cor, dada pela tabela B.2 da norma.

3.4.2.3 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C:2010

O Regulamento Técnico de Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos, estabelece requisitos e critérios para a envoltória de edificações. Tais requisitos serão utilizados para aplicação no objeto de estudo deste trabalho, por se tratar de um edifício de escritório.

O regulamento especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. Todos os requisitos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Este trabalho utilizará o Método simplificado para edificações condicionadas, por meio da aplicação de equações fornecida pela norma Desempenho Térmico de Edificações ABNT NBR 15220:2005 e pela calculadora de propriedades disponível na plataforma *Projeteee*. Uma vez que o uso deste regulamento neste trabalho se faz necessário apenas para a avaliação dos sistemas.

Pré-requisitos específicos do RTQ-C (NÍVEL A)

Para a classificação do nível de eficiência da cobertura, deverão ser atendidos os requisitos relativos à Transmitância térmica da cobertura (U_{cob}), Cores e Absortância das superfícies, de acordo com os limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado.

a) Pré-Requisitos – Transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) ($W/(m^2K)$)

De acordo com a Zona 4 de Brasília, a transmitância térmica da cobertura (U_{cob}), não deve ultrapassar os valores para ambientes condicionados artificialmente de $1 W/m^2 \cdot K$ e ambientes não condicionados de $2 W/m^2 \cdot K$ (Tabela 13).

Tabela 13 - Critérios da cobertura quanto à Transmitância térmica (RTQ-C:2010).

Transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) $W/m^2 \cdot K$		
	Zona 1 e 2	Zonas 3 a 8
Ambientes condicionados artificialmente	$U \leq 0,50$	$U \leq 1,00$
Ambientes não condicionados	$U \leq 1,00$	$U \leq 2,00$

b) Pré-Requisitos – Cores e absorvância de superfícies

Para a Zona 4, o pré-requisito é a utilização de materiais de revestimentos externos de paredes e coberturas com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,50$ do espectro solar, Tabela 14.

Tabela 14 - Critérios de absorvância em coberturas (RTQ-C, 2010).

Absorvância em coberturas	
Zona 2 a 8	$\alpha < 0,50$ do espectro solar

Procedimentos de cálculo segundo o RTQ-C (2010):

- **Transmitância térmica**

1. Deve ser considerado coberturas de garagens, casa de máquinas e reservatórios de água não são considerados para o cálculo da transmitância térmica da cobertura;
2. Os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de transmitância de coberturas, pilotis e varandas são exemplos deste item;

- **Cores e absorvância de superfícies**

1. A absorvância solar a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das absorvâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam. Recomenda-se utilizar os valores da ABNT NBR 15220-2:2005.
2. Não fazem parte da ponderação de áreas para o cálculo da absorvância:
 - a. fachadas construídas na divisa do terreno, desde que encostadas em outra edificação de propriedade alheia;
 - b. áreas cobertas por coletores e painéis solares;
 - c. superfícies inteiras (100%) com comprovação de estarem 100% do tempo sombreadas, sem considerar o sombreamento do entorno.

3.4.3 Normativas de desempenho acústico

Na literatura encontra-se dois métodos de avaliação do desempenho acústico, sendo eles o método simplificado de campo e método de cálculo prescritivo.

O método simplificado de campo permite obter uma estimativa do isolamento acústico global da vedação externa (fachada e cobertura), em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberações, o método simplificado é descrito na ISO 10152:2017. O critério para o parâmetro de avaliação para vedação externa em edifícios é realizado através da Diferença Padronizada de Nível ponderada ($D_{2m, nT, w}$), a 2m de distância da fachada/cobertura.

Para este trabalho será considerado como procedimento a norma de desempenho acústico de coberturas ABNT NBR 15575-5:2013. Tal norma apresenta a Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa ($D_{2m, nT, w}$) para dormitórios, não sendo o foco deste objeto de estudo.

Portanto, recorre-se aos métodos de cálculos simplificado previstos nas normas ISO 12354-3:2000 para a estimativa de isolamento sonoro a sons de condução aérea proveniente do exterior, que utiliza para a previsão o índice ponderado de redução sonora global, os índices ponderados dos elementos envolvidos, segundo os procedimentos de ponderação da norma ISO 717-1:2013. A norma ABNT NBR 10151:2019 estabelece os Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período, e a ABNT NBR 10152:2017 os valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso.

3.4.3.1 ABNT NBR 15.575:2013 – Desempenho acústico

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575:2013 considera a necessidade de isolamento acústica nas lajes, entrepisos, fachadas e coberturas. O nível de desempenho acústico deve ser compatível com o nível de ruído do local de implantação, observando os limites de níveis de pressão sonora, especificados na Tabela 17. O sistema de fechamento deve proporcionar isolamento acústico apropriado em relação aos ruídos aéreos externos. Para áreas com maior fonte de ruído, como em locais perto de rodovias ou aeroportos, se faz necessário realizar levantamento no local e buscar tratamento acústico específico.

Parte 5 – Requisitos para os sistemas coberturas

O conjunto de fachada/cobertura das edificações deve garantir um desempenho adequado de isolamento acústico ao ruído aéreo proveniente do exterior (tráfego e ferrovias). A seguir é apresentado na Tabela 15 os parâmetros acústicos definidos para avaliação.

a) Parâmetros de avaliação

Tabela 15 - Parâmetros acústicos de avaliação

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2m de distância da fachada/cobertura	ISO 140-5 substituída pela ISO 16283-3 ISO 717-1	Vedação externa, em edifícios

Fonte: Adaptado da ABNT (2013c).

b) Critério I – Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos

Avaliar o isolamento de som aéreo de fontes de emissão externa.

c) Critério II – Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos, em campo

Deve ser avaliado o isolamento de som aéreo de fontes de emissão sonora e utilizar o método de campo conforme a Tabela 15 para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$. O nível de desempenho mínimo é correspondente à Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas e aos dados da Tabela 16.

Tabela 16 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m, nT, w}$, para ensaios de campo (fachadas e coberturas)

Parâmetro	Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m, nT, w}$ (dB)	Nível de desempenho
Diferença padronizada de nível de pressão ponderada a 2 metros de distância da fachada	I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
			≥ 25	I
			≥ 30	S
	II	Habitação localizada em áreas sujeitas e situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	M
			≥ 30	I
			≥ 35	S
	III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
			≥ 35	I
			≥ 40	S

Fonte: Adaptado da ABNT (2013b).

Os autores Pierrard e Akkerman (2017), trazem uma tabela (Tabela 17) com os níveis de pressão sonora equivalentes L_{Aeq} incidentes a 2 metros da fachada.

Tabela 17 - Níveis de pressão sonora equivalentes L_{Aeq} incidentes a 2 metros das fachadas das edificações para cada classe de ruído considerada para (fachada e cobertura) (PIERRARD; AKKERMAN, 2017)

Classe de ruído	Nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} - dBA
I	Até 60 dBA
II	60 a 65 dBA
III	65 a 70 dBA

Notas:

1. Para L_{Aeq} acima de 70dBA, realizar estudos específicos.
2. O quadro acima é informativo e não consta da norma.
3. Para caracterização da Classe de Ruídos no entorno de terrenos, devem ser realizadas medições segundo Norma ABNT NBR 10151:2019, com estimativa ou simulação do impacto sonoro a 2 metros das fachadas futuras.

3.4.3.2 ABNT NBR 10151:2019

A ABNT NBR 10151:2019 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral – tem como objetivo estabelecer os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos e externos às edificações, bem como procedimentos e limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso e ocupação do solo.

Essa norma especifica um método para a medição do ruído e apresenta critérios para avaliação dos ruídos externos. A avaliação do ruído externo tem como referência a Tabela 18, assim como também é recomendado pela Lei Distrital 4.092/2008 o seu uso.

Tabela 18 - Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período (Adaptado da ABNT NBR 10151:2019)

TIPOS DE ÁREAS HABITADAS	RL_{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Áreas de residências rurais	40	35
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	60
Área predominantemente industrial	70	65

3.4.3.3 ABNT NBR 10152:2017

A ABNT NBR 10152:2017 – Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações – estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, bem como os valores de referência para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso. Os valores de referência em RL_{Aeq} , apresentados nas Tabelas 19 e 20 são coerentes com os valores de diferença padronizada de nível ponderada especificados pela ABNT NBR 15575 (Partes 4 e 5), desde que os níveis de pressão sonora equivalentes ponderada em A, externos à edificação, atendam aos níveis e critérios de avaliação especificados pela ABNT NBR 10151:2019.

Tabela 19 – Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso (Adaptado da ABNT NBR 10152:2017)

FINALIDADE DE USO	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Escritórios			
Centrais de telefonia (<i>call centers</i>)	50	55	45
Circulações	50	55	45
Escritórios privativos (gerência, diretoria etc.)	40	45	35

Tabela 20 – Continuação da Tabela 19.

Escritórios coletivos (<i>open plan</i>)	45	50	40
Recepções	45	50	40
Salas de espera	45	50	40
Salas de reunião	35	40	30
Salas de videoconferência	40	45	35

Onde:

RL_{Aeq} – Nível de pressão sonora equivalente ponderada em A;

RL_{ASmax} – Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e ponderado em S;

RL_{NC} – Valor de referência para nível NC representativo de um ambiente. O nível NC é utilizado quando há uma variação por frequência. Também é utilizado na medição sonora caso haja um pico diferenciado, verificando quais são os níveis sonoros por frequência, e alterando para uma situação de maior exigência.

Vale destacar que na Tabela 19 e 20 estão descritos apenas a finalidade de uso sendo os Escritórios, para demais áreas consultar a tabela 03 da norma ABNT NBR 10152:2017.

3.4.3.4 ISO 12354-3:2000

A ISO 12354-3:2010 – *Building acoustics – Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements – Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound English version of FIN EM 12354-3*. A norma específica um modelo de cálculo para estimar o isolamento acústico ou a diferença do nível de pressão sonora da envoltória da edificação. O cálculo baseia-se no índice de redução de ruído dos diferentes elementos a partir dos quais a envoltória é construída e inclui a transmissão direta e de flanco.

O cálculo fornece resultados que correspondem aproximadamente aos resultados das medições de campo de acordo com a norma ISO 16283-3, e podem ser realizados para bandas de frequência ou para classificações de número único.

Os resultados de cálculo também podem ser usados para calcular o nível de pressão sonora interna, devido, por exemplo, ao tráfego rodoviário.

Diferença de nível normalizado ($D_{2m,n}$)

A diferença entre o nível de pressão sonora ao ar livre a 2 metros à frente da fachada e o nível de pressão sonora na sala de recepção, corresponde a um valor de referência da área de absorção. A diferença de nível normalizada é avaliada a partir da equação 3.7.

$$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB} \quad (3.7)$$

Onde:

A_0 – área de absorção sonora equivalente da referência, em metros quadrados. Para habitações dadas com 10m^2 .

A diferença de nível normalizada pode ser determinada com o ruído de tráfego predominante ou com o ruído de um alto-falante. Isto é indicado pela audição do subscrito “tr” e “ls” respectivamente, ou seja, $D_{tr,2m,n}$ ou $D_{ls,2m,n}$.

Relações entre quantidades

Os dois índices de redução sonora, R'_{45° and $R'_{tr,s}$, tendem a dar resultados com uma diferença sistemática em uma ampla faixa de frequência. O índice de redução aparente do som R'_{45° , tanto para a classificação numérica única como para as frequências mais baixas, fornece um resultado de 0 dB a 2 dB superiores aos resultados para $R'_{tr,s}$.

$R'_{tr,s}$ fornece valores que são comparáveis aos medidos sob condições de laboratório. Essas diferenças são levadas em consideração no modelo de cálculo. As duas diferenças de nível sonoro, $D_{2m,nT}$ e $D_{2m,n}$, estão diretamente relacionadas entre si, estando exemplificado nas equações 3.8 e 3.9 a seguir.

$$D_{2m,n} = D_{2m,nT} - 10 \log 0,16 \frac{V}{T_0 A_0} = D_{2m,nT} - 10 \log 0,32V \text{ dB} \quad (3.8)$$

Onde:

V – volume do ambiente em metros cúbicos.

As medições com ruído de tráfego ou com um alto-falante como fonte de ruído, tendem a dar resultados iguais sem uma diferença sistemática, mostrado na equação 3.9.

$$D_{tr,2m,nT} \approx D_{ls,2m,nT} \text{ dB} \quad (3.9)$$

A diferença de nível sonoro de uma envoltória está relacionada ao índice de redução do som. O modelo para a diferença de nível sonoro está vinculado ao modelo para o índice de redução sonora.

3.4.3.5 Normas internacionais de medições e ensaio de isolamento sonoro aéreo

a) Regulamentos para isolamento sonoro

O Decreto-Lei nº96/2008 de Portugal, trata sobre o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). Este regulamento tem como princípios orientados a harmonização, à luz da normalização europeia, das grandezas características do desempenho acústico dos edifícios. O RRAE aplica-se a diversos tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam, dentre eles: Edifícios comerciais e de serviços, estando sujeitos ao cumprimento dos seguintes requisitos acústicos:

- a) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea $D_{2m,nT,w}$, entre o exterior dos edifícios, como local emissor, e os locais de acordo com a Tabela 21, estão sujeitos aos cumprimentos dos seguintes requisitos acústicos:
- i) $D_{2m,nT,w} \geq 30$ dB, para escritórios;
 - ii) $D_{2m,nT,w} \geq 25$ dB, para os restantes dos recintos;
 - iii) Quando a área translúcida for superior a 60% do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2m,nT,w}$ o termo de adaptação apropriado, C ou C_{tr} , conforme o tipo de ruído dominante na emissão mantendo-se os limites de i) e ii);

Tabela 21 - A que se refere o artigo 6.º, n.º1 (PORTUGUAL, 2008)

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz – 2 kHz)
Refeitórios ou recintos públicos de restauração; Escritórios ($V \geq 100\text{m}^3$)	$T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s] $T \leq 0,15 V^{1/3}$ [s]

* V = volume interior do recinto em causa.

- b) No interior dos escritórios, ou de recintos com vocação similar o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores, deve obter:

$$L'_{nT,w} \leq 60 \text{ dB}$$

Para a determinação do Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea $D_{2m,nT,w}$, o decreto específica que, deve ser efetuada em conformidade com a normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional.

O edifício, ou qualquer das suas frações, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando:

- a) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m,nT,w}$, acrescido do fator I no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar.

Resumindo, em Portugal não é uma norma que define os critérios para o desempenho dos edifícios, e sim um decreto-lei, com uma atualização em 2008 no seu parâmetro de avaliação, diferença normalizada de nível ponderada, D_{nw} , substituído pela diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, mesmo parâmetro utilizado pelo Brasil. O critério português exige o nível de desempenho superior ao da norma brasileira. Deve salientar que os edifícios portugueses requerem melhor vedação para ter conforto térmico adequado durante o inverno.

Para finalizar, a Figura 14 apresenta uma comparação entre os níveis de critérios estabelecidos por alguns países, que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação que o Brasil.

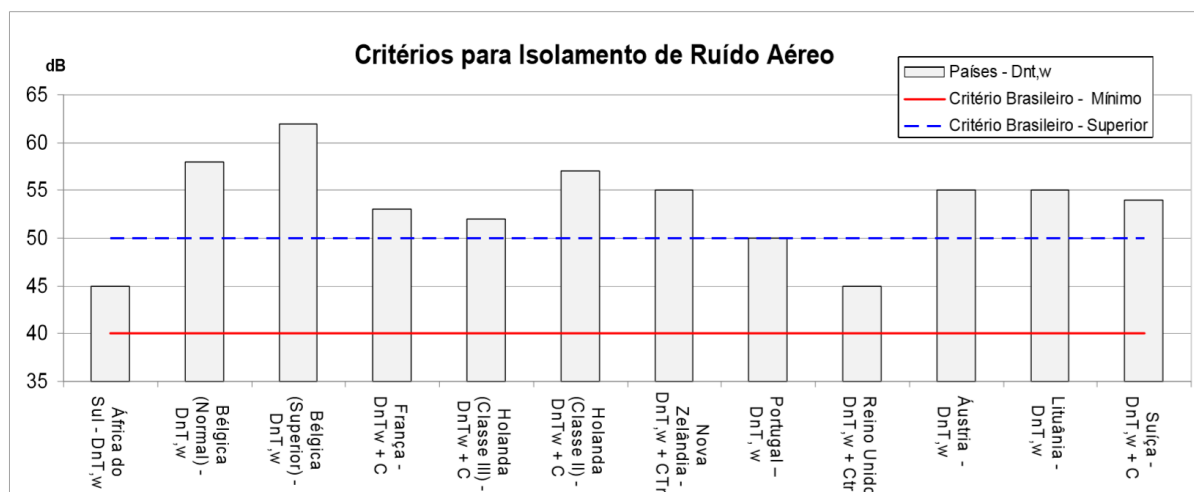


Figura 14 - Comparação entre critérios de desempenho acústico (ruído aéreo) brasileiro e de alguns países que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação (SABS, 2001 apud com FERREIRA NETO; BERTOLI (2008)).

De acordo com Ferreira Neto e Bertoli (2008) verifica-se por meio do gráfico, que sistemas construtivos com valor de desempenho mínimo, segundo a norma brasileira, não poderiam ser utilizados em nenhum dos países pesquisados. Esses países, utilizam o mesmo

parâmetro para desempenho que o Brasil, e consideram como valor mínimo 45 dB. Os sistemas construtivos com desempenho superior (S) para o Brasil, somente poderia ser utilizado em 3 dos 10 países.

3.5 COBERTURAS

As coberturas possuem grande importância nas edificações, pois fazem parte da envolvente que os protege de efeitos adversos dos agentes erosivos, entre outros e são, conseqüentemente, o elemento que prolonga a vida útil da edificação em função das suas performances. Os sistemas de cobertura: lajes, telhados, forros e outros elementos como calhas e rufos possuem a função de assegurar estanqueidade às águas pluviais, protegendo os demais sistemas da edificação contra a deterioração por agentes naturais, além de contribuir para melhor conforto termoacústico do edifício.

As definições encontradas na literatura técnico-científica e em normas correspondentes apresentam características comuns entre si, colocam os sistemas de cobertura como o elemento primordial de parâmetro e proteção das áreas internas de edifícios contra os agentes do clima, sejam eles chuva, neve e vento. As definições remetem a função originária destes sistemas que permanecem inalterados. Além é claro, de colocar este elemento como parte integrante de sistemas de controle ambiental, ou seja, responsáveis por adequações térmicas e higroscópicas de ambientes.

As coberturas são classificadas em função dos materiais componentes e subsistemas. Sob esta ótica há o estabelecimento de dois grupos de cobertura: as coberturas com telhados e as lajes de concreto impermeabilizadas. Essa classificação é comum e de fato agrega a maioria das coberturas utilizadas no Brasil, mas também, as coberturas podem ser planas, curvas e complexas. Na classificação das coberturas planas há o subgrupo das lajes horizontais e inclinadas e o subgrupo dos telhados.

3.5.1 Requisitos de desempenho dos sistemas de cobertura

Há exigências a que as coberturas devem ter para que sejam consideradas plenamente seguras e funcionais aos usuários. As exigências funcionais consistem em requisitos a impor a estes elementos para que desempenhem adequadamente suas funções. Os requisitos dependem

não só da função essencial de proteção, mas também de funções específicas de tipologias de uso e de processos construtivos adotados (MORGADO, 2012). Há, também, normas para definições, verificações e ensaios concernentes a este desempenho no Brasil, a já citada ABNT NBR 15575-5:2013 Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura.

Tais requisitos não são plenamente sistematizados na literatura, mesmo na norma supracitada, que se atém especialmente a características de coberturas e a forma de medir e quantificar por meio de ensaios estes aspectos (ANDRADE, 2018). De um modo geral, podem-se dividir as exigências a que uma cobertura está sujeita em quatro grandes grupos: segurança, habitabilidade, durabilidade e economia. Todas as exigências a seguir (definidos por LOPES 1994, apud MORGADO, 2012) devem ser considerados e avaliados em todas as fases de vida da construção, seja no projeto, uso, inspeção e manutenção.

3.5.1.1 Segurança

As exigências de segurança estão relacionadas as ações a que as coberturas poderão estar expostas e a maneira como responderão. Existem respostas satisfatórias e não-satisfatórias a estes fatores que se relacionam com a estabilidade estrutural das coberturas, ligada com a segurança a vida dos usuários.

A norma ABNT NBR 15775-1:2013 – Requisitos Gerais, categoriza as exigências do usuário em três fatores; (i) segurança estrutural, relacionada aos carregamentos impostos, sejam eles estáticos ou dinâmicos, (ii) segurança contra incêndio, reação de cada material ao fogo e sobre o comportamento global dos elementos sobre esta ação, e (iii) segurança no uso e na operação, ligado aos agentes atmosféricos (grande fonte da maioria das patologias em coberturas), puncionamento e choque acidentais.

3.5.1.2 Habitabilidade

As exigências da habitabilidade são relacionadas aos critérios de conforto e saúde do usuário. São elas que ditam como o usuário responderá à estrutura, de maneira satisfatória ou não satisfatória. As exigências do usuário são expressas pelos fatores de: estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico. Aspecto exterior e interior, que naturalmente está ligado a degradação e manutenção.

3.5.1.3 Durabilidade

As exigências de durabilidade referem-se à capacidade de os componentes da cobertura manterem satisfatoriamente todos os outros requisitos. Estão relacionados a vida útil e manutenção. A conservação das características dos materiais também deve ser avaliada – conservação de resistência mecânica, estabilidade dimensional e resistência a agentes químicos.

3.5.1.4 Economia

Os fatores econômicos devem ser levados em consideração, e inclusive, soluções devem ser encontradas de maneira a aliar técnica e economia, dessa maneira para um sistema de cobertura que seja segura, confortável e racional, e levado em consideração valores para conservação e manutenção.

3.5.2 Patologias em sistemas de cobertura

A cobertura, juntamente com sua estrutura de sustentação, pode ser acometida por patologias devido a algumas falhas em sua projeção, execução ou manutenção, ou mesmo agentes externos, como umidade e insetos. Os tipos de patologias também estão relacionados às peculiaridades dos materiais constituintes do elemento de cobertura em questão.

Este sistema é, na maioria dos edifícios correntes, a parte que mais recebe ações de fatores atmosféricos. Estudos e análises de alguns autores atestam o fato de que as manifestações patológicas decorrentes dos fatores atmosféricos são as mais comuns em coberturas. Isso foi demonstrado no estudo realizado em Portugal por Rocha (2008) e Conceição (2015).

As Tabelas 22 e 23 a seguir, apresentam as principais anomalias detectadas em coberturas inclinadas após inspeções realizadas.

Tabela 22 - Principais anomalias detectadas na superfície corrente de 20 inspeções realizadas em coberturas inclinadas (ROCHA, 2008).

ANOMALIAS NOS PONTOS SINGULARES
Fratura de telhas
Colocação deficiente de telhas
Acumulação de detritos (folhagem e poeiras) na zona corrente
Descasque e esfoliações
Diferenças de tonalidade entre telhas
Descolamento de telhas
Infiltrações de água ou indícios de infiltrações
Ventilação obstruída/inexistente
Deformação de telhas
Uso de telhas inapropriadas/falta de elementos apropriados
Corte enviesado das telhas deficiente
Recobrimento do laró excessivo
Rotura de soldaduras de juntas entre peças dos rufos
Altura reduzida do remate (<0,10m)

Tabela 23 - Classificação das anomalias em coberturas planas (CONCEIÇÃO, 2015).

ANOMALIAS CARÁTER GERAL
Desgaste superficial
Fratura / rotura
Descolamento / arrancamento
Formação de pregas / empolamento
Fissuração
Perfuração
Ausência / posicionamento inadequado de camada
Acumulação de detritos
Deficiências de inclinação / empoçamento
Colonização biológica
Corrosão
Manchas de umidade de condensação / infiltração
ANOMALIAS PONTOS SINGULARES
Concessão inadequada de juntas de dilatação
Concessão inadequada de tubos de queda
Concessão inadequada de tubos ladrão
Concessão inadequada de caleiras
Concessão inadequada de juntas de sobreposição
Fixações deficientes
Capecamento deficiente
Remates deficientes

Em uma pesquisa sobre manifestações patológicas em lajes impermeabilizadas, realizada em cinquenta edifícios habitados em Goiânia, de padrões médio e médio-alto, constatou-se que 86% dos edifícios inspecionados apresentaram problemas, dos quais 45%

tiveram origem em erros na execução dos diversos sistemas e 42% foram devidos a deficiências ou ausências de um projeto de impermeabilização, conforme a Figura 15 (ANTONELLI; CARASEK; CASCUDO, 2002).

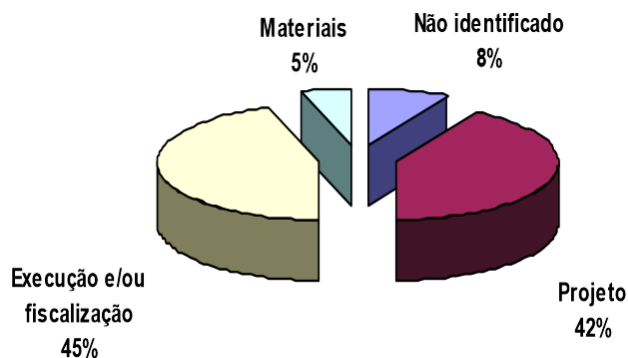


Figura 15 - Origens dos problemas levantados na pesquisa de campo (ANTONELLI; CARASEK; CASCUDO, 2002).

Problemas na camada de impermeabilização, seja por ações externas (atmosféricas) ou defeitos inerentes de projeto e execução permitem a passagem de água e substâncias diluídas, ocasionando patologias inerentes a umidade, que se manifestarão em outros elementos e materiais (ANDRADE, 2018).

As principais patologias causadas pela má impermeabilização ou a falta desta, estão classificadas em uma pesquisa feita por Antonelli (2002) que quantifica as principais causas de infiltrações em uma edificação, sendo elas; manchas de umidade, eflorescência e lixiviação do concreto, com formação de estalactites e corrosão de armaduras (Figura 16).

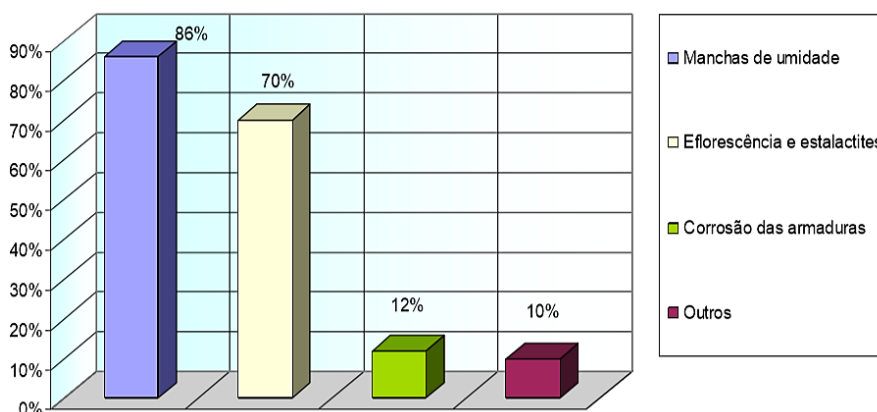


Figura 16 – Principais efeitos dos problemas de impermeabilização levantados na pesquisa de campo (ANTONELLI; CARASEK; CASCUDO, 2002).

3.5.3 Inspeção de sistemas de cobertura

No Brasil possui a norma ABNT NBR 5674:2012 Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão e manutenção propõe procedimentos gerais que devem ser implementados para a garantia do desempenho de edificações, especialmente dos prescritos pela norma de desempenho de edificações ABNT NBR 15575:2013. A norma ABNT NBR 5674:2012 trata do que deve ser apresentado em um relatório de inspeção e os intervalos mínimos que o procedimento deve ser realizado nos elementos da construção.

As inspeções devem ser feitas sob um roteiro definido para os sistemas de uma edificação, levando em conta o padrão de degradação e as manifestações esperadas para cada elemento, e reclamações de usuários. O relatório preza por recomendação de ações a serem tomadas pelos responsáveis a fim de diminuir manutenções corretivas. Deve finalizar apresentando prognósticos para os problemas encontrados.

A norma apresenta em seu Anexo A sugestões para os intervalos de inspeção dos sistemas específicos de um edifício. Com relação a coberturas e seu suporte, é prescrito e mostrado na Tabela 24.

Tabela 24 – Periodicidade de Inspeção de Sistemas de Cobertura e Estrutural prescrito pela ABNT NBR 5674:2012

Periodicidade	Sistema	Elemento/ componente	Atividade	Responsável
A cada ano	Sistema de Cobertura		Verificar integridade estrutural dos componentes, vedações, fixações e tratar onde necessário	Equipe de manutenção local/ Empresa especializada
A cada ano	Estrutural	Laje, vigas e pilares	Verificar a integridade estrutural conforme ABNT NBR 15575:2013	Empresa especializada

3.5.3.1 IBAPE – Norma de Inspeção Predial Nacional

A instituição de referência no Brasil acerca de inspeção e avaliação de estruturas em Engenharia é o Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia – IBAPE. Tanto o IBAPE São Paulo e o IBAPE Nacional, possuem normas específicas para a inspeção predial,

sendo que desde 2012, o documento nacional é referencial para os profissionais associados ao instituto em todo o Brasil.

A norma do IBAPE define procedimentos de inspeção de edificações com vistas ao que é requerido na ABNT NBR 5674:2012 e na ABNT NBR 15575-1:2013 sobre manutenção de edificações e requisitos gerais de desempenho de edificações habitacionais. O documento do IBAPE atende as referidas normas da ABNT, além de especificar que as atividades de inspeção de edificações são privativas dos profissionais associados aos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA) e ao Conselho de Arquitetura e Urbanismo (CAU), preferencialmente membros do IBAPE, treinados e capacitados mediante cursos específicos.

As inspeções realizadas sob a tutela desta norma devem ser classificadas em níveis 1, 2 e 3. Nível 1 - refere-se a edificações simples e com baixa complexidade construtiva, com planos de manutenção simples ou inexistentes. Deve ser efetuada por pessoal habilitado em uma especialidade.

Nível 2 - deve ser aplicado a edificações com nível de complexidade médio, geralmente prédios com vários pavimentos, com ou sem planos de manutenção, porém com contratação de inspeção dedicada a elementos como bombas, portões e reservatórios de água. Deve ser efetuada por pessoal habilitado em uma ou mais especialidades.

Nível 3 - refere-se a construções com alto grau de complexidade, de padrões construtivos superiores e modernos, inclusive automatizados, normalmente são edifícios multipavimentos. Obrigatoriamente deve haver um plano de manutenção com base na ABNT NBR 5674:2012.

Determinado o nível de inspeção, devem ser levantados os documentos e projetos relacionados aos elementos. Posteriormente devem ser tomados junto a usuários, síndicos, proprietários e responsáveis técnicos pela concepção, construção e reformas, quando possível, por meio de entrevistas e questionários informações acerca da edificação, especialmente no que tange a percepção acerca de perdas de desempenho.

O próximo passo é listar todos os sistemas e elementos que devem ser vistoriados, por meio de uma sequência sistêmica e lógica que leve em consideração a relação entre os componentes.

Tendo posse do proposto anteriormente parte-se para a vistoria propriamente dita – fase de obtenção *in loco* das reais condições, anomalias e falhas que possam decorrer em manifestações patológicas. Este processo não possui indicações de procedimentos na normativa

do IBAPE, porém deve ser realizado de maneira a obter subsídios que possam preencher e caracterizar completamente todas as fases posteriores de inspeção.

Após a realização da vistoria, as anomalias observadas devem ser classificadas em endógenas (origem na própria construção), exógena (origem por fatores externos e provocados por terceiros), naturais (origem pela ação de fatores da natureza) e funcionais (originária do padrão de envelhecimento normal do elemento). As falhas podem ser de planejamento, execução, operacional ou gerencial.

As falhas e anomalias devem ser classificadas quanto ao grau de risco:

- 1- Crítica, quando pode atentar contra a saúde e segurança dos usuários e meio-ambiente. Geralmente já ocorreu perda excessiva de desempenho, com baixa vida útil restante. Os custos de manutenção e recuperação são altos.
- 2- Médio, quando houve perda parcial de desempenho e funcionalidade, sem influenciar excessivamente a operação da edificação.
- 3- Mínimo, quando houve pequeno prejuízo ao desempenho e funcionalidade, limitados a estética ou atividades programáveis e planejadas da edificação, sem comprometer o valor do imóvel.

Devem ser definidos as prioridades de tratamento das anomalias e falhas com base em metodologias definidas e apropriadas aos elementos, preferencialmente em ordem decrescente do grau de risco, de acordo com o item 13 da norma. Essas prioridades determinarão a necessidade de possíveis interdições, totais ou parciais da estrutura.

Deve ser realizada uma indicação de recomendações técnicas para os problemas, ou seja, como as anomalias e falhas podem ser corrigidas de forma a recuperar as exigências e requisitos mínimos de desempenho a que a estrutura deve seguir. É apenas uma indicação simples das medidas a serem tomadas, não é um projeto de recuperação (que pode estar prescrito nessas medidas), o qual se necessário, deve ser realizado por profissional habilitado. Deve ser confeccionado, também, um relatório de avaliação da manutenção e uso da edificação, ou seja, se o prescrito por planos de manutenção, caso existam, são coerentes com as situações as quais a estrutura é posta.

Devem ser realizadas recomendações gerais de sustentabilidade da edificação, para que o uso racional de recursos naturais e a preservação da saúde, segurança e conforto dos usuários seja obtido, ou seja, é um elemento constante do relatório que vai além de uma simples definição

e caracterização de patologias de uma edificação com posterior prognóstico, são recomendações que buscam aliar a isso medidas que possam favorecer a sustentabilidade, como explicitamente dito no item 16 na norma do IBAPE.

Ao final da execução e elaboração de todos os itens supracitados deve ser redigido um relatório final em forma de laudo.

3.5.4 Considerações específicas acerca da inspeção de sistema de cobertura

A partir do que é demonstrado pelas normas ABNT NBR 5674:2012 e pela norma de Inspeção predial nacional do IBAPE, os procedimentos de inspeção normatizados no Brasil são gerais e aplicáveis a qualquer dos sistemas componentes de um edifício. O roteiro de inspeção aplicado seja para o sistema de fechamento do edifício (alvenaria) ou sistemas de cobertura são os mesmos, porém a vistoria deve ser diversa e levado em conta os elementos que caracterizam o sistema objeto de inspeção.

A literatura técnico-científica brasileira apresenta pouco material acerca do assunto, porém, na literatura internacional foi encontrado um material que mais se aproxima da realidade das coberturas correntes encontradas no Brasil. A metodologia é proposta por João Nicolau Pires Lopes Veiga Morgado em sua dissertação de mestrado em Engenharia Civil: Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes, de julho de 2012 em Portugal.

Tal metodologia inclui o objetivo desta dissertação, as estruturas de cobertura em que a estrutura portante seja uma laje de concreto. O procedimento proposto por Morgado (2012) também traz uma metodologia para a quantificação da prioridade de intervenção ou tratamento, conforme o requerido pelo item 13 da norma do IBAPE. Porém, será apresentado uma pequena síntese a respeito no item 3.5.5, já que nas outras fases será utilizada a proposta brasileira prescrita pela Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE e caracterizado no item 3.5.3.

3.5.5 Caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes de cobertura e definição do critério para prioridade de intervenção

Para a vistoria de coberturas será utilizado a proposta de Morgado (2012) que determina os critérios para a prioridade de intervenção através da proposta de um plano completo de inspeção de cobertura, verificando o estado de conservação dos materiais e componentes dos sistemas. O levantamento destes sistemas será realizado a partir de uma pequena síntese a

respeito sendo apresentada a seguir, apenas, das partes referentes a vistoria, já que nas outras fases será utilizado a proposta brasileira prescrita pela Norma de Inspeção Predial Nacional do IBAPE para os procedimentos de prioridade de inspeção.

Morgado (2012) prescreve que devem ser identificados *in loco* os elementos de uma cobertura sob a ótica de manutenção e inspeção chamados de elementos fontes de manutenção (EFM) para que possam ser registrados e sistematizados as patologias. Cada elemento possui um mecanismo de degradação e níveis de desempenho distintos, sendo em geral independentes.

A identificação dos EFM é essencial durante a realização da inspeção, com o intuito de, posteriormente, se registrar e sistematizar as principais anomalias, respectivas causas e prioridades de intervenção. A fase de listagem de sistemas e componentes é equivalente como requerido pela Norma de Inspeção Nacional do IBAPE. Os EFMs estão presentes no Anexo A.1.

O Anexo A.1 apresenta quatro níveis adaptados aos sistemas de coberturas definidos no método de Morgado (2012) que leva em consideração os elementos mais acessíveis para inspeção. Os níveis são apresentados de acordo com a hierarquia de caracterização da cobertura e respectivos EFM.

Já no Anexo B.1 é possível associar cada EFM as possíveis anomalias de cada elemento tanto para coberturas planas quanto para as inclinadas.

Cada anomalia identificada possui 4 critérios para caracterizá-la. A agressividade do meio em que está disposta a cobertura, a extensão da anomalia (relativa a área da EFM), o nível de degradação do EFM e a severidade da anomalia. Cada um destes quatro critérios possui uma pontuação para cada nível de degradação e um fator multiplicador descrito na Tabela 25 a seguir.

Tabela 25 – Proposta de classificação de anomalias em EFM de coberturas de edifícios prescritos pela ABNT NBR 5674:2012 (adaptado de MORGADO, 2012).

Crítérios	Nível	Descrição	Pontuação	Fator multiplicativo
Agressividade do meio	Reduzido	Meio rural	1	1
	Médio	Meio urbano	2	
	Alto	Zona costeira	3	
Extensão da anomalia	Reduzido	≤ 20%	1	2
	Médio	21 a 70%	2	
	Alto	≥ 70%	3	
Nível de degradação EFM	0	Sem degradação relevante	1	3
	1	Degradação superficial	2	
	2	Degradação moderada	3	
	3	Degradação acentuada	4	
Severidade da anomalia	A	Influência negativa no aspecto estético	1	4
	B	Aumento considerável dos encargos de posteriores ações de manutenção	2	
	C	Diminuição da durabilidade dos elementos	3	
	D	Funcionalidade do edifício afetada	4	
	E	Perigo para a segurança dos utentes	5	

O indicador para o escalonamento das prioridades de intervenção desenvolvido por Morgado (2012) é calculado tendo em consideração o peso de cada anomalia com o pior dos cenários. Cada manifestação deverá ter seu peso calculado conforme a Equação 3.10 e os valores presentes na Tabela 25.

$$P_{\text{anomalia}} = 1 \times A + 2 \times E + 3 \times D + 4 \times S \quad (3.10)$$

Onde:

P_{anomalia} = peso de cada anomalia em análise;

A = agressividade do meio;

E = extensão da anomalia;

D = nível de degradação;

S = severidade.

Para determinar o indicador de prioridade de intervenção, o $P_{anomalia}$ deve ser ponderado com o valor correspondente a pior situação possível, conforme a Equação 3.11.

$$P_{intervenção} = \frac{P_{anomalia}}{\text{Max}(P_{anomalia})} \times 100 = \frac{1xA+2xE+3xD+4xS}{41} \times 100 \quad (3.11)$$

Onde:

$P_{intervenção}$ = indicador para o escalonamento da prioridade de intervenção;

$P_{anomalia}$ = peso de cada anomalia em análise.

Através da aplicação destes cálculos, é possível determinar diversos valores e percentuais e assim hierarquizar a urgência das ações de manutenção corretiva.

Por último, é necessário atribuir às porcentagens obtidas na equação 3.11 e a respectiva prioridade de intervenção. Dessa forma, Morgado (2012) elabora uma tabela com uma escala dividida em quatro níveis, conforme exemplificado na Tabela 26.

Tabela 26 – Proposta de classificação de prioridade de intervenção em EFM de coberturas (adaptado de MORGADO, 2012).

Nível	Prioridade de intervenção	$P_{intervenção}$
1	Ações sem urgência	$24\% \leq P_{intervenção} \leq 40\%$
2	Ações a médio prazo (2 a 5 anos) com necessidade de monitoramento	$40\% \leq P_{intervenção} \leq 60\%$
3	Ações a curto prazo (1 a 2 anos)	$61\% \leq P_{intervenção} \leq 80\%$
4	Ações de prioridade imediata (6 meses)	$P_{intervenção} \geq 80\%$

Vale ressaltar que, caso todos os critérios em análise apresentem a pontuação mínima, o indicador de intervenção apresenta um valor de apenas 24%, não sendo necessário analisar porcentagens interiores a essa.

Os índices e o cálculo do indicador propostos para a definição do critério de prioridade de intervenção para o levantamento do estado de conservação dos materiais, é baseado em uma

ampla pesquisa bibliográfica realizada por Morgado (2012). Para informações sobre o desenvolvimento da metodologia, cabe consultar a dissertação do autor, uma vez que esta dissertação se atenta apenas a aplicação direta do procedimento. É importante salientar algumas diferenças de palavras pelo fato do uso de português de Portugal utilizado na dissertação do autor.

3.5.5.1 Vistoria

Durante a vistoria deve ser utilizado primeiramente uma folha de identificação da edificação (ver Anexo C.1), após o preenchimento desta primeira folha, será utilizado uma segunda folha com a caracterização da cobertura de acordo com a tipologia (cobertura plana ou inclinada) e elementos fontes de manutenção presentes (ver Anexo D.1), proposto na metodologia de Morgado (2012). Tais folhas são documentos cruciais para qualquer ato de inspeção, pois requer uma coleta de dados com informações para este tipo de levantamento.

Após o preenchimento destas duas folhas, deve ser preenchido em uma ficha de inspeção as anomalias, as características de agressividade do meio, extensão do dano, nível de degradação e severidade da anomalia verificados em campo. Nesta ficha pode ser calculado o $P_{ponderado}$ que é igual ao $P_{anomalia}$, e o $P_{intervenção}$, para a definição de prioridade de intervenção. O modelo desta ficha de inspeção proposta por Morgado (2012) está presente no Anexo E.1.

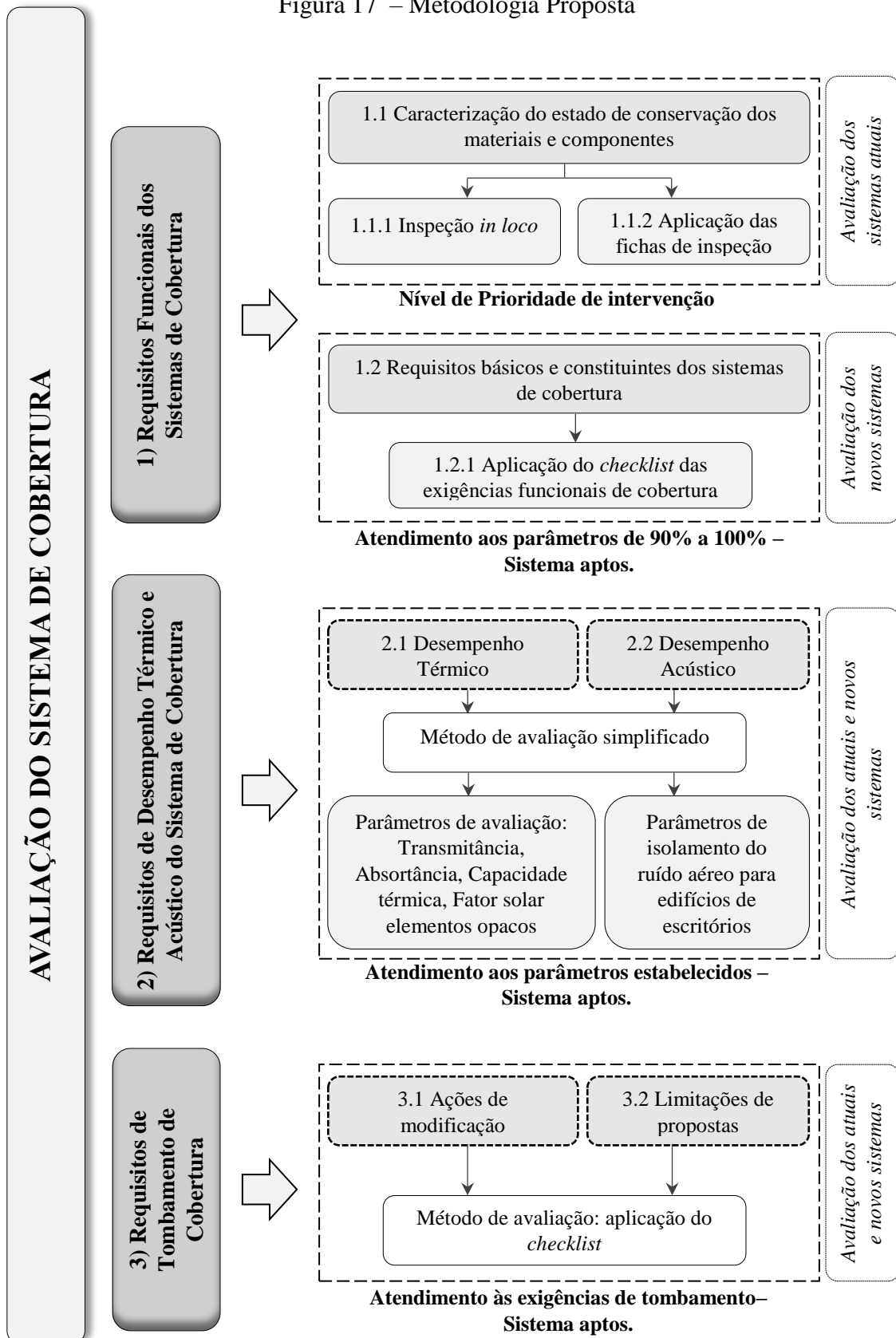
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA

Neste capítulo serão apresentados os processos de avaliação proposto para Sistemas de Cobertura de um edifício comercial de até 10 pavimentos tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Esta metodologia é composta por quatro etapas; a primeira formada pelos requisitos funcionais dos sistemas de cobertura e a caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes do sistema, a segunda com os requisitos para o desempenho térmico e acústico aplicados a cobertura, a terceira pelos requisitos de tombamento composto pelas ações e limitações para a intervenção em um Bem tombado, e por último, a quarta etapa constituída por uma matriz para escolha dos materiais que irão compor os novos sistemas propostos atendendo as exigências normativas.

Este método é descrito nos Itens 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 e em seus respectivos subitens, e exemplificados na Figura 17. Cada item é formado por um checklist para avaliação e adequação dos Sistemas de cobertura. Vale destacar o Item 4.4, cuja função é a elaboração de uma Matriz de Escolha de novos materiais que irão compor os Sistemas de Cobertura a serem propostos para a adequação e atendimento ao desempenho.

A proposta desta metodologia de avaliação dos Sistemas de Coberturas será primeiramente validada pôr meio da aplicação em um Estudo Piloto. Para isso, será realizado uma visita de inspeção para o levantamento dos materiais e componentes do sistema, observando o seu estado atual de conservação. Logo, serão analisados os resultados obtidos após a aplicação da metodologia e se necessário readaptados para a aplicação em dois edifícios da Esplanada dos Ministérios.

Figura 17 – Metodologia Proposta



Variáveis das etapas:

Requisitos funcionais

- Diferença da idade de construção;
- Manutenção – não foi possível o acesso a essa informação; e
- Tipo de cobertura.

Desempenho térmico e acústico

- Tipo de propostas para os sistemas de cobertura:
(Placas fotovoltaicas; Telhado verde; Telha metálica com poliestireno; Telha metálica com poliuretano; Telha metálica com lã de rocha).

Limitações do estudo:

- Este trabalho não abrange assuntos como; reaproveitamento de água e energia solar, mas não impedem de serem sistemas auxiliares a cobertura, por exemplo, a utilização da calha para a coleta sendo parte complementar a este trabalho.
- As placas fotovoltaicas serão avaliadas apenas como sistema de cobertura de projeção para a avaliação do desempenho do sistema e geração de energia elétrica.
- Para o telhado verde será considerado apenas a montagem do sistema.

4.1 REQUISITOS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS DE COBERTURA

4.1.1 Caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes de cobertura

Deve ser realizado primeiramente a inspeção dos sistemas de cobertura conforme exemplificado pelo item 3.5.3 e 3.5.4 da revisão bibliográfica e em seguida utilizado a proposta de Morgado (2012) item 3.5.5 para detectar por meio dos critérios a prioridade de intervenção.

Os itens a serem consultados para a realização da inspeção:

- processo de inspeção descrito na norma de inspeção predial nacional – IBAPE, item 3.5.3.1 na revisão deste trabalho;
- metodologia proposta por Morgado (2012) item 3.5.5 na revisão deste trabalho;

Para a vistoria são necessários os seguintes Anexos:

- Anexo A.1 – Identificação dos elementos fontes de manutenção;

- Anexo B.1 – Anomalias associadas a EFM’S
- Anexo C.1 – Folha de identificação da edificação
- Anexo D.1 – Caracterização das coberturas
- Anexo E.1 – Ficha de inspeção

4.1.2 Requisitos básicos e constituintes dos sistemas de cobertura

Para a elaboração das Tabelas 34 a 37, que trata dos requisitos básicos e constituintes dos sistemas de cobertura, sendo estas, exigências funcionais que uma cobertura deve cumprir, será utilizado a proposta construída por Rocha (2008) e Lopes (1994, apud MORGADO, 2012) que sintetiza de maneira eficiente estes requisitos, dividindo as exigências funcionais a que uma cobertura está sujeita em quatro grupos: segurança, habitabilidade, durabilidade e economia.

A descrição para cada um dos itens será realizada por meio das exigências funcionais e requisitos abordados por Rato e Brito (2003), com o incremento da Parte 1 da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575-1: Requisitos Gerais, que trata das Exigências do usuário e Parte 5 da Norma de Desempenho que trata em específico do Sistema de Cobertura.

Tais exigências, devem ser considerados e avaliados em todas as fases de vida da construção, seja no projeto, uso, inspeção e manutenção. Como tal, a manutenção de níveis adequados de desempenho é concretizada à custa da satisfação das exigências funcionais.

Antes de aplicar a tabela é importante uma análise previa de projeto. Primeiramente é necessário realizar os seguintes *checklist*:

- acesso ao edifício;
- existência de projeto;
- acessibilidade ao projeto;
- projeto desenvolvido visando o desempenho e exigências dos usuários; e
- caso não atenda os itens das Tabelas 34 a 38, não atenderá a norma de desempenho parte 1 e parte 5.

As Tabelas 27 a 29 é uma síntese da forma que deve ser avaliado o *Checklist* criado presente no Anexo B.2. Esta tabela detalha as variáveis que devem ser verificadas em escritório ou *in loco* da análise de verificação do Sim e do Não para aplicação da metodologia e preenchimento das Tabelas 34 a 38.

Tabela 27 - Síntese da descrição das categorias de verificação das exigências funcionais de cobertura em escritório e *in loco*.

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO		TIPO DE ANÁLISE
	SUBCATEGORIAS	VARIÁVEIS	
E.1 - Exigências de Segurança	E.1.1 - Segurança Estrutural	<u>E.1.1.1</u> Os revestimentos devem ter comportamento adequado quando solicitado à flexão e capacidade de resistir às cargas concentradas.	<i>In loco</i>
		<u>E.1.1.2</u> Não deve apresentar avarias ou deformações e deslocamentos que prejudiquem a funcionalidade da cobertura.	<i>In loco</i>
		<u>E.1.1.3</u> Mantas ou membranas aderidas ao substrato, exposta a intempéries e sem proteção mecânica – o sistema aplicado deve ter resistência de aderência à tração $\geq 200\text{kPa}$.	<i>In loco</i>
	E.1.2 - Segurança contra incêndios	<u>E.1.2.1</u> Reação do fogo aos materiais de revestimento e acabamento devem ser dificultados.	<i>In loco/</i> Escritório
		<u>E.1.2.2</u> Cobertura deve possuir a proteção contra descargas atmosféricas.	<i>In loco</i>
	E.1.3 - Segurança contra intrusões	<u>E.1.3.1</u> Acesso à cobertura e, por meio dela, ao interior do espaço habitado for dificultado.	<i>In loco</i>
		<u>E.1.3.2</u> Elementos do revestimento resistentes evitando sua remoção e impedindo o acesso ao interior do edifício.	<i>In loco</i>
E.2- Exigências de habitabilidade	E.2.1-Estanqueidade	<u>E.2.1.1</u> Os revestimentos deverão ser impermeáveis ou apresentar características adequadas de resistência à passagem de água. Evitar a formação de umidade e a proliferação de insetos e microrganismos.	<i>In loco</i>
		<u>E.2.1.2</u> Durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, deve ser evitado a penetração ou infiltração de água que acarrete escorrimento ou gotejamento.	<i>In loco</i>

Tabela 28 – Continuação da Tabela 27.

	E.2.2 - Controle higratérmico	<u>E.2.2.1</u> O sistema deve apresentar isolamento térmico contribuindo no desempenho termo acústico.	<i>In loco</i>
		<u>E.2.2.2</u> O sistema de cobertura pode ser provido ou permitir o uso de ventilação, de forma a reduzir a umidade absoluta.	<i>In loco</i>
	E.2.3 - Conforto acústico	<u>E.2.3.1</u> Os níveis de conforto devem estar de acordo com os valores estipulados pela ABNT NBR 10152:2017 para edifícios de escritórios.	Escritório
		<u>E.2.3.2</u> Aferições <i>in loco</i> e definições das classes de ruído.	<i>In loco</i>
	E.2.4 - Conforto visual	<u>E.2.4.1</u> A cor dos elementos de revestimento não deve provocar incomodidade visual (reflexão da luz solar).	<i>In loco</i>
		<u>E.2.4.2</u> Equilíbrio entre as exigências de conforto visual e conforto térmico, evitando revestimento de cor escura.	<i>In loco</i>
	E.2.5 - Aspecto	<u>E.2.5.1</u> Uniformidade de cor e textura dos materiais de revestimento.	<i>In loco</i>
	E.2.6 - Geométricas e de estabilidade dimensional	<u>E.2.6.1</u> Variação geométrica das telhas devem ser mínimas.	<i>In loco</i>
		<u>E.2.6.2</u> Variação limite especificada pelo fabricante corresponder com a conferência <i>in loco</i> .	<i>In loco</i>
	E.3 - Exigências de durabilidade	E.3.1 - Conservação das características dos materiais	<u>E.3.1.1</u> Os elementos de revestimento devem resistir a ação de agentes químicos (compatibilidade com o meio ambiente e suas condições de agressividade).
<u>E.3.1.2</u> Os elementos de revestimento de cobertura devem ser susceptíveis e resistentes aos raios solares ao longo do tempo sem sofrerem degradação e variações dimensionais por mudanças de temperatura.			<i>In loco</i>
<u>E.3.1.3</u> A geometria do telhado deve possuir estabilidade dimensional com geometria uniforme e correta sobreposição de juntas.			<i>In loco</i>

Tabela 29 – Continuação da Tabela 28.

	E.3.2 - Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	<u>E.3.2.1</u> Os elementos de revestimento de cobertura devem receber operações de limpeza, manutenção e reparação pertinentes e recomendadas.	<i>In loco</i>
		<u>E.3.2.2</u> A cobertura no seu todo deve apresentar características que permitam a fácil execução de limpeza e manutenção, incluindo percursos e circulação.	<i>In loco</i>
E.4- Exigências de economia	E.4.1 - Processo construtivo	<u>E.4.1.1</u> Os materiais devem possuir resistência a trabalhabilidade para a execução.	<i>In loco</i>
	E.4.2 - Ambiental	<u>E.4.2.1</u> As fases do processo produtivo e o modo de exploração dos produtos naturais para a fabricação dos componentes e cobertura, devem possuir um nível de sustentabilidade no seu desenvolvimento.	Escritório
	E.4.3 - Limitação de custo global	<u>E.4.3.1</u> Escolha do sistema de cobertura deve ser feito a partir de uma análise econômica de custos.	Escritório
		<u>E.4.3.2</u> Os custos que devem ser considerados são: custo inicial, custo de aplicação, custo de manutenção e custos de reparação.	Escritório

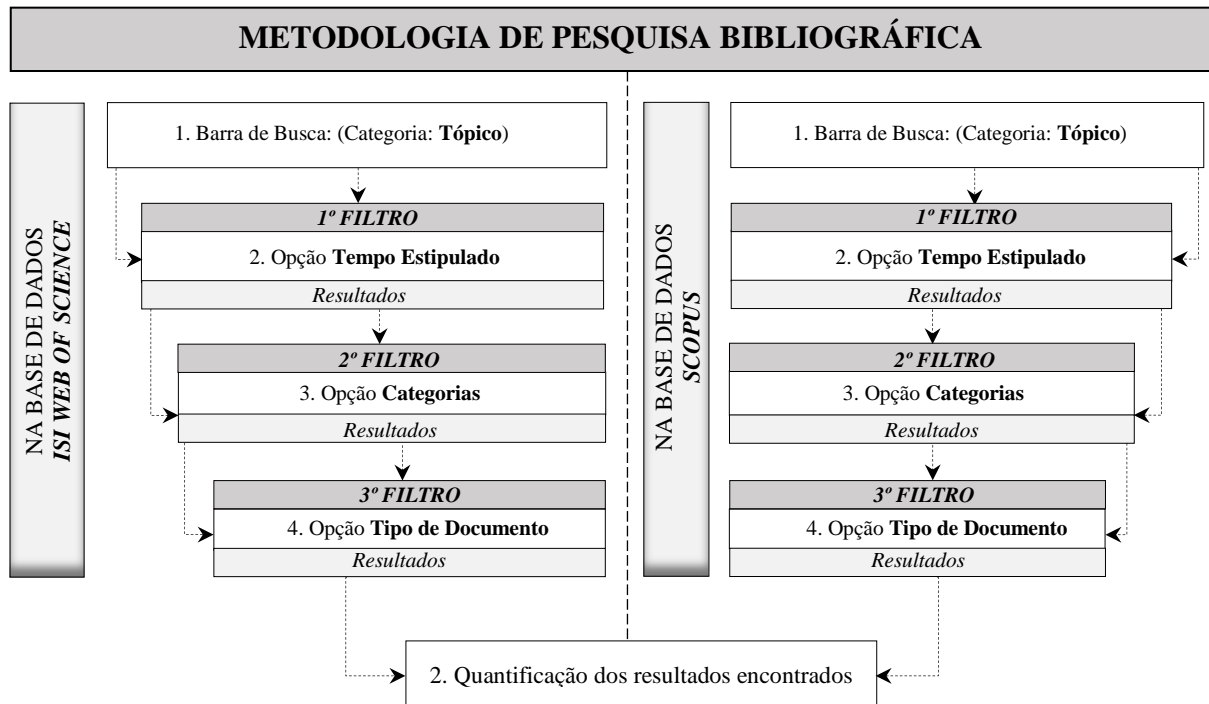
A seguir é apresentado uma síntese dos resultados do mapeamento sistemático da literatura que serviu como base para a ponderação das categorias e subcategorias.

4.1.2.1 Mapeamento Sistemático da Literatura

O principal objetivo do mapeamento sistemático, foi a realização do levantamento do que tem sido publicado no periódico capes considerando a incidência das ações para atribuição de pesos às subcategorias. Para isso, foi utilizado como fonte de pesquisa as bases de dados da *Web of Science* e *Scopus*. Em ambas as bases possuem sistemas de busca avançada semelhantes.

Para os termos de busca, partiu-se da utilização das palavras das subcategorias em ambas as bases. Os procedimentos estão esquematizados na Figura 18 e os resultados apresentados no Anexo A.2.

Figura 18 – Procedimentos do Mapeamento sistemático da literatura.



4.1.2.2 Quantificação e ponderação dos resultados encontrados

As Tabelas 30 e 31 a seguir apresentam os resultados encontrados nas bases *Web of Science* e *Scopus* e o total dos artigos filtrados utilizando como fonte de pesquisa as palavras das subcategorias dos últimos 10 anos. Foi considerado como método a incidência, que neste caso é julgado a importância do aparecimento das palavras para criar uma classificação.

Tabela 30 – Resultado da seleção das publicações.

SELEÇÃO DAS PUBLICAÇÕES ADERENTES AO TEMA			
Na Base de Dados	ISI WEB OF SCIENCE	SCOPUS	Total dos artigos filtrados
Subcategorias	Artigos filtrados	Artigos filtrados	
Segurança estrutural	76	297	373
Segurança contra incêndios	66	152	218
Segurança contra intrusões	3	0	3
Estanqueidade	13	2	15
Controle Higrotérmico	7	12	19
Conforto acústico	77	200	277
Conforto visual	43	56	99
Aspecto	27	439	466

Tabela 31 – Continuação da Tabela 30.

Na Base de Dados	<i>ISI WEB OF SCIENCE</i>	<i>SCOPUS</i>	Total dos artigos filtrados
Subcategorias	Artigos filtrados	Artigos filtrados	
Geométricas e de estabilidade dimensional	2	7	9
Conservação das características dos materiais	41	28	69
Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	2	0	2
Processo construtivo	152	399	551
Ambiental	23	6	29
Limitação de custo global	24	296	320

Para a ponderação dos resultados encontrados no mapeamento sistemático das subcategorias, é aplicada a escala avaliativa do tipo *Likert*, de 2 pontos, 3 pontos e 6 pontos, de acordo com o número de subcategorias existente, categorizando-se do menos importante, importante e mais importante (DALMORO; VIEIRA, 2014), conforme as Figuras 19, 20 e 21.

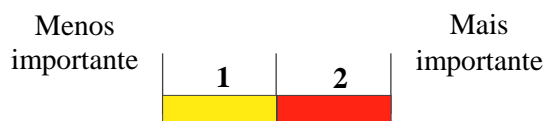


Figura 19 – Escala tipo Likert com dois pontos.

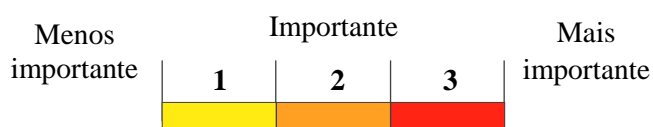


Figura 20 – Escala tipo Likert com três pontos.

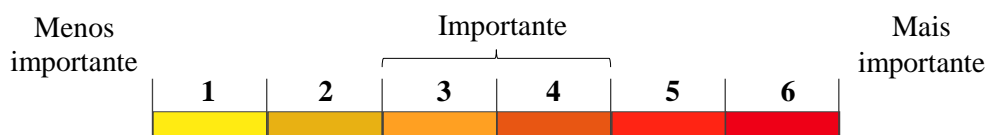


Figura 21 - Escala tipo Likert com seis pontos.

Após a aplicação da escala tipo *Likert*, os dados obtidos foram analisados pelo método da *Relative Importance Index* (RII) ou Índice de Importância Relativa. O Índice varia de $0 \leq RII \leq 1$ e multiplicado por 100 para uma melhor leitura dos resultados.

Esse índice (RII) foi calculado para cada uma das categorias e subcategorias utilizando a equação 4.1 a seguir, sendo adaptada de acordo com a quantidade de pontos da escala *Likert*.

$$RII (\%) = \frac{\sum w}{AN} \times 100 \quad (4.1)$$

Onde:

w = ponderação atribuída a cada fator pelo respondente variando com a quantidade de pontos da escala *Likert*;

A = ponto mais alto atribuído na escala;

N = número total de artigos.

Nas Tabelas 32 e 33 são apresentados os pesos das categorias dos requisitos funcionais dos sistemas de cobertura, das subcategorias e das suas variáveis. As variáveis tiveram a divisão de pesos iguais em função da quantidade.

Tabela 32 - Categorias e distribuição de pesos

CATEGORIAS	PESO DA CATEGORIA	SUBCATEGORIA	PESO RELATIVO	VARIÁVEIS	PESO RELATIVO
E.1 Exigências de segurança	87%	E.1.1 Segurança estrutural	62,5%	E.1.1.1	20,8%
				E.1.1.2	20,8%
				E.1.1.3	20,8%
		E.1.2 Segurança contra incêndios	24,4%	E.1.2.1	12,2%
				E.1.2.2	12,2%
		E.1.3 Segurança contra intrusões	0,1%	E.1.3.1	0,05%
E.1.3.2	0,05%				
E.2 Exigências de habitabilidade	88%	E.2.1 Estanqueidade	0,56%	E.2.1.1	0,28%
				E.2.1.2	0,28%
		E.2.2 Controle higrotérmico	1,07%	E.2.2.1	0,54%
				E.2.2.2	0,54%
		E.2.3 Conforto acústico	26%	E.2.3.1	13%
				E.2.3.2	13%
		E.2.4 Conforto visual	7,5%	E.2.4.1	3,75%
				E.2.4.2	3,75%
E.2.5 Aspecto	52,7%	E.2.5.1	52,7%		

Tabela 33 – Continuação da Tabela 32.

		E.2.6 Geométricas e de estabilidade dimensional	0,17%	E.2.6.1	0,08%
				E.2.6.2	0,08%
E.3 Exigências de durabilidade	98%	E.3.1 Conservação das características dos materiais	97%	E.3.1.1	32,3%
				E.3.1.2	32,3%
				E.3.1.3	32,3%
		E.3.2 Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	1%	E.3.2.1	0,5%
				E.3.2.2	0,5%
E.4 Exigências de economia	86%	E.4.1 Processo construtivo	61,2%	E.4.1.1	61,2%
				E.4.2 Ambiental	1,1%
		E.4.3 Limitação de custo global	23,7%	E.4.3.1	11,85%
				E.4.3.2	11,85%

Nas Tabelas 34 a 37, teve por definição três classes de atendimento aos requisitos variando de 1, 0 e -1, de acordo com a aplicação e verificação dos requisitos nos sistemas de cobertura. A partir dos resultados encontrados por meio do mapeamento sistemático e da ponderação da escala *likert*, obtém-se os resultados das porcentagens e comparações com os pesos designados para cada categoria, a partir do que atendeu ou não aos requisitos e a aplicação de um fator de penalidade.

Após a aplicação da metodologia, é utilizado como critério de escolha os sistemas que obtiverem entre 90% a 100% do atendimento total das quatro exigências descritas. Esta justificativa dá-se pelo fato de que as quatro categorias apresentaram uma distribuição de pesos com valores aproximadamente a 90% após a ponderação realizada pela escala *Likert*.

Tabela 34 – Classificação das exigências funcionais da cobertura, adaptado de Rocha (2008) e Lopes (1994, apud MORGADO, 2012)

Obra:	
Data:	
SISTEMAS	

Tabela 35 – Continuação da Tabela 34.

Exigências de Segurança		Descrição	Atendimento		
			1	0	- 1
			SIM	NÃO	NAP
Requisitos	Segurança estrutural	Dimensionamento para combinações de ações envolvendo o peso próprio e ações de cargas variáveis (punçoamento, choque acidentais, agentes atmosféricos, etc.).			
	Segurança contra incêndios	Projetar com o intuito de evitar a propagação de incêndios e garantir tempos para o combate e evacuação de ocupantes.			
	Segurança contra intrusões	Projetar de modo a evitar o acesso às coberturas e, ao interior do espaço coberto por pessoas e animais indesejados, assim como garantir o uso de materiais suficientemente resistentes a atos de vandalismo e intrusão.			
PONTUAÇÃO					
Exigências de habitabilidade		Descrição	Atendimento		
			1	0	- 1
			SIM	NÃO	NAP
Requisitos	Estanqueidade	Tem como premissa evitar a transposição de água do ambiente exterior para o interior. (Deve ser analisado segundo duas vertentes: a de funcionamento global da cobertura e a de funcionamento individual dos elementos constituintes da cobertura).			
	Controle higratérmico	Consoante as exigências do espaço coberto. Deve atender às questões de isolamento térmico, proteção solar e controle de condensações para os períodos mais desfavoráveis do ano.			
	Conforto acústico	Consoante as exigências do espaço coberto. Deve atender às questões de isolamento sonoro contra ruído aéreo e de percussão.			
	Conforto visual	Dimensionamento de modo a tirar partido da iluminação natural e a reduzir a refletividade da camada de proteção.			

Tabela 36 – Continuação da Tabela 35.

Exigências de habitabilidade		Descrição	Atendimento		
			1	0	- 1
			SIM	NÃO	NAP
Requisitos	Aspecto	Deve garantir que os elementos constituintes conservem a uniformidade de cor e textura assim como a conservação dessas características ao longo do tempo.			
	Geométricas e de estabilidade dimensional	Estabelecem-se limites de variação de coeficiente de planeza, retilinearidade e homogeneidade assim como as variações de comprimento e largura admitidas para cada elemento constituinte da cobertura com o intuito de melhorar a trabalhabilidade e o comportamento.			
PONTUAÇÃO					
Exigências de durabilidade		Descrição	Atendimento		
			1	0	- 1
			SIM	NÃO	NAP
Requisitos	Conservação das características dos materiais	Escolha de materiais com mínimo de tempo de vida útil e que se adequem ao ambiente de forma a resistir a comportamentos de gelo-degelo, ataques químicos e susceptibilidade à radiação solar e aos raios ultravioletas.			
	Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	Projetado de forma a facilitar as operações de LMR em especial nos pontos singulares, nos dispositivos de drenagem e nos caminhos de circulação.			
PONTUAÇÃO					

Tabela 37 - Continuação da Tabela 36.

Exigências de economia		Descrição	Atendimento		
			1	0	- 1
			SIM	NÃO	NAP
Requisitos	Processo construtivo	Procura por soluções de coberturas satisfatórias, sendo pouco onerosas e de fácil implementação para as partes envolvidas no processo construtivo.			
	Ambiental	Seleção de soluções de cobertura minimizadoras da produção de gases de efeito estufa associados à produção, construção e funcionamento do edifício e que conduzam ao aproveitamento das potencialidades solares e eólicas, minimizando os custos de demolição e maximizando a reutilização e reciclagem.			
	Limitação de custo global	Procurar minimizar os custos de construção, conservação, manutenção e reparação cumprindo as exigências atrás referidas.			
PONTUAÇÃO					

Legenda: Atendido = 1 ponto / Não atendido = 0 ponto / **NA** Não se aplica = sofre penalidade

Para a adequação ao contexto da pesquisa, ao final a metodologia proposta será aplicada em um estudo piloto para a verificação dos requisitos funcionais e a aplicação da ponderação para as categorias.

4.2 REQUISITOS DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DOS SISTEMAS DE COBERTURA

O *checklist* para os critérios de atendimento aos desempenhos térmico e acústico serão baseados nas métricas e em seus parâmetros estabelecidos. A avaliação será realizada por meio do método prescritivo para ambos.

A escolha e montagem dos sistemas foi feita por meio da Matriz de Escolha e selecionados os sistemas que atenderam aos 4 requisitos, serão simulados na calculadora de propriedades na plataforma *Projeteee* - Projetando Edificações Energeticamente Eficientes, e métodos de cálculos simplificados da ABNT NBR 15220:2005. A plataforma *Projeteee*

apresenta dados de caracterização climática de mais de 400 cidades brasileiras, com indicação das estratégias de projeto mais apropriadas a cada região e detalhamento da aplicação prática destas estratégias.

O *Projeteee* contém dados das propriedades térmicas de uma variedade de componentes construtivos e disponibiliza uma ferramenta de cálculo de transmitância térmica de componentes sugeridos pelo usuário, sendo possível por meio da utilização da opção de componentes construtivos – calculadora de propriedades onde deverá ser selecionado a opção cobertura. O método de cálculo utilizado na plataforma é de acordo com o cálculo proposto pela ABNT NBR 15220:2005.

Para a verificação do estado atual do sistema, deve ser informado o grupo e o tipo dos materiais constituintes na cobertura, sendo; telhado, isolantes e impermeabilizantes e o tipo de laje, e assim, as camadas irão sendo formadas e obtendo os valores dos de resistência térmica total; atraso térmico; capacidade térmica e transmitância térmica total do sistema.

Além disso, a plataforma também oferece diversas propostas de sistemas para coberturas com os dados de saída calculados.

4.2.1 Desempenho térmico do sistema

Para a avaliação do desempenho térmicos dos sistemas de cobertura será verificado o atendimento aos requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – RTQ-C (INMETRO, 2010), por meio do método simplificado. A utilização da metodologia deste regulamento é pelo fato de se aplicar a edifícios comerciais e públicos, sendo o foco desta dissertação. Para o atendimento aos requisitos serão utilizados os parâmetros de etiqueta Nível A.

Os métodos de avaliação para atendimentos a estes requisitos, deverão ser realizados a partir dos cálculos da norma de Desempenho Térmico de Edificações ABNT NBR 15220:2005 e da montagem dos sistemas na plataforma *Projeteee*. A Tabela 38 apresenta o checklist que deve ser aplicado para verificação.

Tabela 38 – Requisitos e critérios para o atendimento ao desempenho térmico do sistema de cobertura.

DESEMPENHO TÉRMICO DO SISTEMA			
Requisitos	Critério	Atendimento	
1. Transmitância térmica de cobertura (Ucob)	Atende ao critério da Zona Bioclimática da região diferenciando os ambientes condicionados artificialmente e os não condicionados.	() sim	() não
2. Cores e Absortância de superfície (Cobertura)	A cobertura apresenta uma absortância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar).	() sim	() não

1. Transmitância térmica de cobertura (Ucob): para ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com a Zona Bioclimática definido na ABNT NBR 15220:2005.

- a) Zona Bioclimática 1 e 2: $U \leq 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e, $U \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes não condicionados;
- b) Zona Bioclimática 3 a 8: $U \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes condicionados artificialmente, e $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, para ambientes não condicionados.

2. Cores e absortância de superfícies: são obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- a) Em coberturas, a utilização de cor de absortância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

Procedimentos de cálculos fornecidos pela Norma de Desempenho Térmico ABNT NBR 15220:2005:

- Transmitância térmica - $U=1/R_T \text{ (W/ (m}^2 \cdot \text{K))}$ – onde R_T é a resistência térmica total;
- Absortância à radiação solar – função da cor, dada pela tabela B.2 da norma (Anexo A.3).

Os demais parâmetros tais como; capacidade térmica (CT), atraso térmico (ϕ) e fator de ganho de calor solar de elementos opacos (FS_o) devem atender aos parâmetros estipulados pela ABNT NBR 15220:2005 conforme a Tabela 39 a seguir.

Tabela 39 – Parâmetros para sistemas de cobertura conforme ABNT NBR 15220:2003.

Parâmetros Sistema de Cobertura	CT_{COB} (kJ/m².K)	φ (horas)	FS_o
ABNT NBR 15220:2005	CT ≥ 130	φ ≤ 3,3	≤ 6,5

4.2.2 Desempenho acústico do sistema

A cobertura da edificação deve garantir um desempenho adequado de isolamento acústico ao ruído aéreo proveniente exterior (tráfego, ferrovia e dentre outros). Para tal, esta metodologia irá descrever as normas que estabelecem os métodos para o isolamento acústico ao ruído aéreo. A Tabela 40 a seguir apresenta os requisitos e critérios de atendimento para a obtenção do desempenho dos sistemas de cobertura.

Tabela 40 – Requisitos e critérios para o atendimento ao desempenho acústico do sistema de cobertura.

DESEMPENHO ACÚSTICO DO SISTEMA			
Requisitos	Critério	Atendimento	
Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos	O sistema de cobertura deve ser capaz de atenuar o ruído externo.	() sim	() não
Método de avaliação	O sistema de cobertura deve atender aos valores da ABNT NBR 10151:2019 para limites de níveis de pressão sonora (ruído externo) e aos valores da ABNT NBR 10152:2017 para os níveis de pressão sonora em ambientes internos de acordo com a finalidade de uso por meio da simulação do sistema, conforme a metodologia de cálculo da ISO 12354-3:2000.	() sim	() não

4.2.2.1 Requisito – Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos (fontes de emissão externas)

Este requisito refere-se ao isolamento do ruído aéreo. As medições de isolamento sonoro serão realizadas por meio de um método simplificado com o auxílio do escritório Síntese

Acústica Arquitetônica. Tal método seguirá conforme os cálculos especificados pela ISO 12354-3:2000 para a estimativa de isolamento sonoro a sons de condução aérea proveniente do exterior, que utiliza para a previsão o índice ponderado de redução sonora aparente global, os índices ponderados dos elementos envolvidos, segundo os procedimentos de ponderação da ISO 717-1:2013.

a) Método de avaliação

A vedação externa do edifício (fachada e cobertura) deve apresentar uma Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros da fachada ($D_{2m,nT,w}$), conforme o método simplificado de cálculo da norma ISO 12354-3:2000 para os sistemas da cobertura.

A norma ABNT NBR 10151:2019 - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral – será utilizada como parâmetro os valores dos Limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}), conforme já citado na Tabela 18, para área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas. Nesta norma é considerado que os níveis sonoros estão conforme o uso do espaço, e a partir disso são realizadas as simulações.

Outro parâmetro normativo a ser considerado é a norma ABNT NBR 10152:2017 para os Níveis de pressão sonora em ambientes internos de acordo com a finalidade de uso, sendo este para escritórios, considerando o valor de Nível equivalente (RL_{Aeq}) expostos nas Tabelas 19 e 20.

Após a realização das simulações de acordo a metodologia de cálculo da ISO 12354-3:2000 para os sistemas de cobertura, devem ser identificados conforme o parâmetro das normativas citadas acima, para o ruído externo e para o ruído interno, um valor relativo a $D_{2m,nT,w}$, no qual a cobertura externa deverá atenuar. Obtém-se o valor mínimo de atenuação do sistema subtraindo o valor do ruído interno de RL_{Aeq} da ABNT NBR 10152:2017 pelo valor do ruído externo de RL_{Aeq} da ABNT NBR 10151:2019.

Para saber se a quantidade de ruído externo que ainda passa para o ambiente interno a partir do sistema ensaiado, basta subtrair o valor de $D_{2m,nT,w}$ atenuado pelo valor do período diurno - RL_{Aeq} da ABNT NBR 10151:2019, por se tratar de um edifício de escritórios que tem o horário de funcionamento durante o dia.

b) Métricas de apoio para isolamento do ruído aéreo

- ABNT NBR 10151:2019 – Níveis de pressão sonora em ambientes internos para escritórios coletivos (*open plan*);
- ABNT NBR 10152:2017 – Níveis sonoros recomendados do som residual para escritórios e os níveis de conforto atendido;
- ISO 12345-3:2000 – Metodologia de cálculo simplificado para o parâmetro de ($D_{2m,nT,w}$).

Para a adequação ao contexto da pesquisa, ao final, a metodologia proposta será aplicada em um estudo piloto para a verificação do atendimento dos sistemas aos critérios térmicos e acústicos.

4.3 REQUISITOS DE TOMBAMENTO DE COBERTURA

Para as intervenções em um patrimônio cultural, antes deve ser descrito o roteiro para a realização das ações legais:

- A realização de intervenção em Bem tombado, individualmente ou em conjunto, ou na área de entorno do bem, deverão ser precedidas de autorização do IPHAN;
- Deve ser realizada consultas antes ou durante a elaboração do Projeto às Unidades Regionais do IPHAN;
- Consultar o Manual de elaboração de Projetos (BRASIL, 2005) e a Portaria nº420/2010.
- Os documentos necessários para análise da intervenção estão presentes na Portaria nº420/2010, e no item 2.3 da revisão bibliográfica deste trabalho;
- As etapas do Projeto de Intervenção no Patrimônio Edificado são: Identificação e Conhecimento do Bem; Diagnóstico e Proposta de Intervenção;
- Devem ser realizados:
 - Levantamento de dados históricos da edificação: com o propósito de aferir a autenticidade dos elementos, identificando alterações subsidiando decisões projetuais.
 - Levantamento Físico: compreende a rigorosa e detalhada representação gráfica das características físicas e geométricas da edificação.
 - Diagnóstico: mapeamento de danos; análise do estado de conservação dos materiais, avaliação do estado de conservação dos sistema estrutural e

identificação dos agentes degradadores, contendo o mapeamento dos problemas patológicos existentes.

- A elaboração dos Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural, por se tratar de uma atividade eminentemente interdisciplinar, implica em ser coordenada por especialista em restauração.
- Esta metodologia não se aplica a coberturas que requerem restaurações, para isso, cabe consultar a Carta do Restauo de 1972. Lembrando que esta metodologia se aplica apenas a edifícios de escritórios tombados pelo IPHAN de até 10 pavimentos, que possa propor novos sistemas para melhorar o desempenho das coberturas.

O tombamento do conjunto urbanístico de Brasília pelo Governo Federal e Governo do Distrito Federal tem caráter específico por ser essencialmente urbanístico e não arquitetônico. A nível de proteção federal (tombamento histórico) é a concepção urbana da cidade, materializada na definição e interação das suas quatro escalas urbanísticas, detalhado no capítulo 2 desta dissertação.

O método de avaliação será limitado pelas exigências de tombamento. Nas Tabelas 41 a 43 estão listados as Ações e Limitações definidas de acordo com o que foi informado por Adams et al. (2005), Nacional (2007), Portaria nº 420/2010 (NACIONAL, 2010d) e pelo arquiteto do Ministério do Meio Ambiente João Luiz Valim Batelli¹⁰.

Tabela 41 – Exigências de tombamento

REQUISITOS DE TOMBAMENTO DE COBERTURA		
Roteiro de ações e limitações		
conforme Adms et al. (2005), Nacional (2007), Portaria nº420/2010.		
1. Ações de modificação de cobertura	a) Recuperação/Manutenção	Pinturas e reparos em revestimentos que não impliquem na demolição ou construção de novos elementos
		Limpeza das sujidades superficiais no telhado existente
		Desobstrução dos tubos de queda

¹⁰ O Arquiteto João Luiz Valim Batelli foi consultado por e-mail no dia 06 de fevereiro de 2019, onde descreveu sobre as modificações realizadas na cobertura do Edifício do Ministério do Meio Ambiente no período de 2004 a 2008. Foi informado pelo arquiteto a inexistência na literatura a respeito da cobertura para a realização de intervenções. No entanto, as modificações realizadas na cobertura Edifício do Ministério do Meio Ambiente se concentraram na alteração do tipo de telha, procurando seguir o mesmo caimento existente, no reforço da impermeabilização da calha de concreto e na substituição dos rufos.

Tabela 42 – Continuação da Tabela 41.

1. Ações de modificação de cobertura	b) Modificação Parcial	Reparo na impermeabilização
		Reparo na calha de concreto reforçando a impermeabilização e mantendo a inclinação
		Reforço de selante nas juntas estruturais
	c) Modificação Total	Substituição dos rufos
		Substituição do tipo de telha com a mesma inclinação anterior
		Substituição do tipo de calha
		Substituição de toda a impermeabilização
		Propostas de novos sistemas para o tratamento de coberturas de acordo com as Diretrizes Gerais do PBE Edifica em edificações públicas através do <i>retrofit</i> (INMETRO, 2013)
	2. Limitações	Não deve ser ultrapassado a cota máxima do coroamento dos edifícios.
As calhas de concreto devem ser mantidas.		
Qualquer alteração que modifique a composição estética dos minifúrnios (deve ter suas principais características preservadas).		
Compatibilidade de técnicas e materiais empregados: Os materiais e técnicas construtivas a serem introduzidos nas intervenções deverão possuir características e comportamentos semelhantes aos materiais originais.		
Devem ser evitados produtos e materiais que ponham em risco a integridade da obra, bem como técnicas cujos resultados sejam irreversíveis.		
Pintura e reparos em revestimentos que não impliquem na demolição ou construção de novos elementos.		
Substituição do tipo de telha ou manutenção da cobertura do bem, desde que não implique na substituição significativa da estrutura nem modificação na inclinação.		
Os projetos deverão ser elaborados respeitando os valores estéticos e culturais do Bem, com o mínimo de interferência na autenticidade do bem, seja estética, histórica, material, dos processos construtivos, dentre outras.		
Manutenção da maior quantidade possível de materiais autênticos do bem, para garantir sua autenticidade de modo a evitar falsificações de caráter artístico e/ou histórico.		

Tabela 43 – Continuação da Tabela 42.

2. Limitações	Emprego de outros materiais para o caso da impossibilidade da manutenção dos materiais autênticos. Porém, estes deverão ser compatíveis com os existentes, “em suas características físicas, químicas, mecânicas e aspectos de cor e textura, sem, no entanto, serem confundidos entre si”, bem como o emprego “de materiais reversíveis, que possam ser substituídos no futuro e no final de sua vida útil, sem danos ao bem”.
	Garantia da “autenticidade dos processos construtivos e suas peculiaridades, evitando o uso de técnica que seja incompatível e descaracterize o sistema existente”.
	Manutenção do substrato histórico: o substrato histórico original deverá ser mantido. As intervenções deverão ser orientadas com vista à serviços de manutenção, recuperação e infraestrutura do Bem.
	Intervenção mínima: toda intervenção deve ser orientada pelo absoluto respeito aos valores estéticos e históricos do monumento, à sua integridade física e ao seu aspecto documental.
	Qualquer intervenção na obra ou em seu entorno, deverá ser realizada de tal modo e com tais técnicas e materiais que fique assegurado que, no futuro, não ficará inviabilizada outra eventual intervenção para salvaguarda ou restauração.

4.4 MATRIZ DE ESCOLHA DOS MATERIAIS DE COBERTURA

A matriz de escolha terá como avaliação/critério o atendimento aos 4 critérios normativos e de tombamento estabelecidos nos itens 4.1; 4.2 (térmico e acústico) e 4.3 descritos acima, sendo uma limitação para a escolha dos novos materiais e sistemas a serem propostos para o sistema de cobertura. A Tabela 44 esboça como deve ser o esquema a ser utilizado para as verificações.

Tabela 44 – Matriz de escolha dos materiais e seus critérios normativos.

MATRIZ DE ESCOLHA DOS MATERIAIS					Pontuação
Soluções e componentes construtivos	Critério funcionais	Critérios térmicos	Critérios acústicos	Critérios de tombamento	
S1					

Legenda: Atendido = 1 ponto Não atendido = 0 ponto

4.4.1 Critérios arquitetônicos para a escolha dos materiais

Parâmetros

- Os sistemas propostos devem respeitar a cota da edificação;
- A envoltória da edificação não deve ser modificada com a proposta dos sistemas;
- As propostas devem ser realizadas por profissionais da área de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil;
- As tecnologias empregadas devem garantir o desempenho e a resistência dos materiais, evitando danos futuros a edificação;
- Os sistemas devem garantir o conforto ambiental, proporcionando ambientes com condições climáticas agradáveis, acústicas e térmicas, além de priorizar as exigências funcionais de coberturas;
- Os sistemas devem priorizar por materiais que apresentem declarações e certificações ambientais respeitando os critérios de licitações estabelecidos pela Compra Pública Sustentável para edifícios públicos;
- As propostas devem atender as legislações e critérios estabelecidos pelo IPHAN;
- Os sistemas devem prever a possibilidade de reaproveitamento de água e geração de energia solar;
- Para as tomadas de decisões se faz necessário uma avaliação com o entorno e a sua influência no desempenho termoacústico.

Além dos critérios estabelecidos para a escolha, será utilizado como critério de desempate o material que apresentar declaração ou certificação. Serão utilizados como parâmetros as empresas que possuírem a certificação ABNT NBR ISO 14001:2015 e levado em consideração os critérios de licitações estabelecidos na Compra Pública Sustentável para edifícios públicos.

4.5 VERIFICAÇÃO DA METODOLOGIA: APLICAÇÃO NO ESTUDO PILOTO

O Estudo Piloto escolhido para aplicação e validação da metodologia proposta, sendo a avaliação dos requisitos funcionais, térmicos e acústicos presentes nesta dissertação, baseasse no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – ENC (Bloco C) da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – DF, Figura 22. A escolha deste edifício se deu pela facilidade de acesso, pela disponibilidade de informações para a realização da inspeção e por

apresentar trabalhos desenvolvidos com base na proposta de desempenho e avaliação do sistema de cobertura, além de ser um edifício com idade de 45 anos composto também por escritórios com a possibilidade de adequação da cobertura. Este fato é comprovado com a instalação de placas fotovoltaicas recentemente, no segundo semestre de 2019.

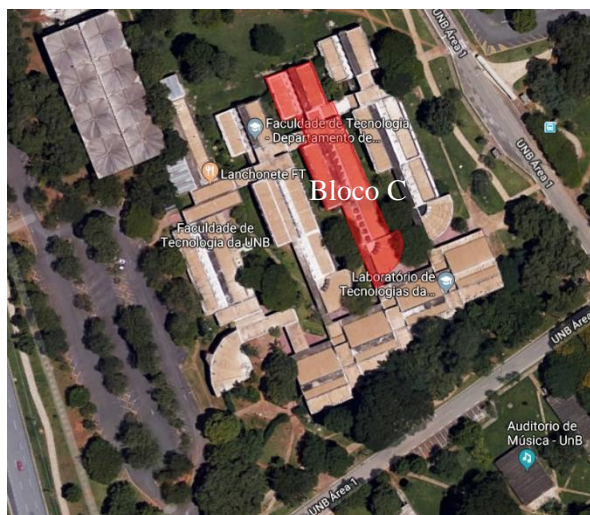


Figura 22 - Situação dos Edifícios na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília; - 15.763476° Latitude e -47.872465° Longitude (Adaptado de GOOGLE EARTH, 2019).

4.5.1 Consideração final do estudo piloto

A modificação necessária à metodologia é a criação de uma limitação de atendimento aos requisitos funcionais variando de 90% a 100%, após detectar que seria complexo a adoção apenas de sistemas que atendessem a 100% das exigências funcionais de cobertura, sendo este o único ajuste necessário.

Cabe uma análise com relação ao item de Limitação global presente na exigência de economia. Se tratando dos edifícios dos Ministérios está subcategoria atenderá devido à realização de uma análise econômica de custos que é realizado por meio de processos licitatórios. Portanto, os resultados obtidos são suficientes para a realização das análises, uma vez que a metodologia proposta para a avaliação dos sistemas de cobertura atendeu por completo as propostas, desde que realizado a modificação dos requisitos funcionais. A aplicação da metodologia do Estudo Piloto trouxe como benefícios o modo de inspeção, o que deveria ser avaliado e perguntado aos engenheiros responsáveis pelos edifícios. Foi uma etapa previa que enriqueceu e deu base para a aplicação da metodologia nos edifícios dos Ministérios.

CAPÍTULO 5 - OBJETO DE ESTUDO: EDIFÍCIOS DA ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS

5.1 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo refere-se aos 17 edifícios de escritório presentes na Esplanada dos Ministérios (Figura 23), cujas edificações possuem a mesma concepção arquitetônica e posicionamento perpendicular ao longo da esplanada e fazem parte do Conjunto tombado de Brasília. Tais edificações são caracterizadas com o mesmo projeto em termos de envoltória, mas com layouts e funções que as diferem entre si.

A cobertura dos edifícios dos ministérios em teoria é igual, mas com diferentes usos. Poderia pensar que uma solução para esta tipologia seria universal, mas deve ser considerado que cada edifício possui suas particularidades de uso. A definição de cada nomenclatura encontra-se no Anexo E.3 deste trabalho.



Figura 23 - Situação dos Edifícios dos Ministérios com as iniciais de cada Bloco (Adaptado de GOOGLE EARTH, 2019).

A Tabela 45 a seguir, faz uma breve abordagem da caracterização dos edifícios, uma vez que o item 2.5 deste trabalho detalha este aspecto.

Tabela 45 – Dados de entrada para o método simplificado.

TIPOLOGIA ARQUITETÔNICA
Volume prismático com formato retangular, medindo 17,90 x 102, 60 x 38,28m com área total de 23.480m ² . No Anexo C.3 é apresentado o projeto de arquitetura do edifício.
Largura e comprimento na proporção de aproximadamente 1:6, com nove pavimentos tipo, um mezanino e dois subsolos.
LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO
Eixo Monumental / Esplanada dos Ministérios – Vias S1 e N1
Orientações de 108°/288° (Leste/Oeste) e as fachadas menores, cegas, com orientações de 18°/198° (Norte/Sul).
Fachada Leste (108°) recebe insolação durante toda manhã ao longo do ano, sendo mais intensa nos meses de dezembro a fevereiro, onde o sol incide diretamente das 05h30min às 12h.
Fachada Oeste (288°) recebe o sol da tarde durante todo o ano, principalmente nos meses mais frios, a partir das 11h.

5.2 ANÁLISE DE INSPEÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURA DOS EDIFÍCIOS DOS MINISTÉRIOS

Assim como descrito por Andrade (2018), a realização de vistorias e inspeções para a constatação de problemas ou simples verificação do estado das estruturas de maneira geral, são realizados sob o cronograma de um plano de manutenção ou sob a falta deste, a partir de reclamações oriundas do desconforto funcional, estético, entre outros, das pessoas que frequentam a edificação. A norma do IBAPE, a guia deste trabalho para a realização da inspeção, preza como fase preliminar de inspeção tomar junto a usuários e responsáveis pela construção informações e reclamações que tiveram do ambiente.

Esse conhecimento inicial, acerca da situação e problemas existentes foi o grande orientador, servindo de guia para a constatação dos problemas e definição das áreas de foco nas vistorias.

Dessa maneira procurou-se obter informações dos engenheiros responsáveis pelos Blocos “E” e “R”, no qual foi obtido a possibilidade de acesso, sobre quais eram os serviços de manutenção prestados por meio das reclamações dos usuários. Foi utilizado este método pela não liberação de acesso ao 9º pavimento dos Blocos. Por ser um edifício que possui uma

tipologia sem áreas coletivas, apresentando apenas salas e gabinetes, ficou inviável a vistoria de inspeção no ambiente interno.

As informações obtidas no dia 09/07/2019, data no qual foi realizado a inspeção, foram que, se tratando de um órgão público para a realização obras nos edifícios, são elaborados processos licitatórios para a contratação de serviços de reparação nos sistemas.

Por disponibilidade de acesso as informações para o desenvolvimento deste trabalho, foi dado o total apoio pela empresa Atlântico Engenharia, responsável pela manutenção dos Blocos “E” e “R” do Ministérios da ciência, tecnologia, inovações e comunicações, sendo estes os blocos utilizados para a aplicação da metodologia. Uma vez que, a metodologia de avaliação é aplicada apenas em duas coberturas e a adequação do desempenho térmico e acústico aplica-se para todos os edifícios principais da Esplanada dos Ministérios.

A análise de inspeção concentrou-se no Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações - Blocos “E” e “R” - conforme ilustrado na Figura 24. Em ambos os edifícios, as reclamações concentram-se apenas na proteção mecânica das coberturas, uma vez que a proposta sugerida pelos engenheiros responsáveis é que toda a impermeabilização deve ser refeita.



Figura 24 - Situação dos Edifícios dos Ministérios com a localização dos blocos inspecionados (Adaptado de GOOGLE EARTH, 2019).

Os sistemas de coberturas dos Blocos “E” e “R” são constituídos por telhas, sendo o Bloco “E” de telha de chapa de zinco (Figura 25 e 26) e o Bloco “R” de telha fibrocimento

(Figura 27 e 28), ambos com a cumeeira central ao longo do comprimento dos edifícios e nas laterais as calhas de concreto com ralos abacaxi. Nas duas alas (ala norte e ala sul) e central, tem-se a presença de laje impermeabilizada. O resultado desta inspeção é apresentado no item 6.1 dos resultados e discussões.



Figura 25 – Cobertura Bloco “E” / Figura 26 – Estrutura de suporte metálico Bloco “E”.



Figura 27– Cobertura Bloco “R” / Figura 28 – Estrutura de suporte de madeira Bloco “R”.

Considerando-se que neste ano de 2019, com a junção de vários órgãos em um único ministério, os usos dos edifícios foram modificados e a cobertura é a que mais tem sofrido intervenções. Levando em consideração que cada órgão possui suas necessidades de uso para a execução de suas tarefas, as coberturas receberam vários tipos de circuitos de televisão, internet e telefonia, aumento ainda mais a quantidade de equipamentos presentes no último pavimento dos edifícios. Sendo assim, deve-se considerar que cada bloco traz suas necessidades advindas destas junções, diferenciando-se pelo seu tipo de uso.

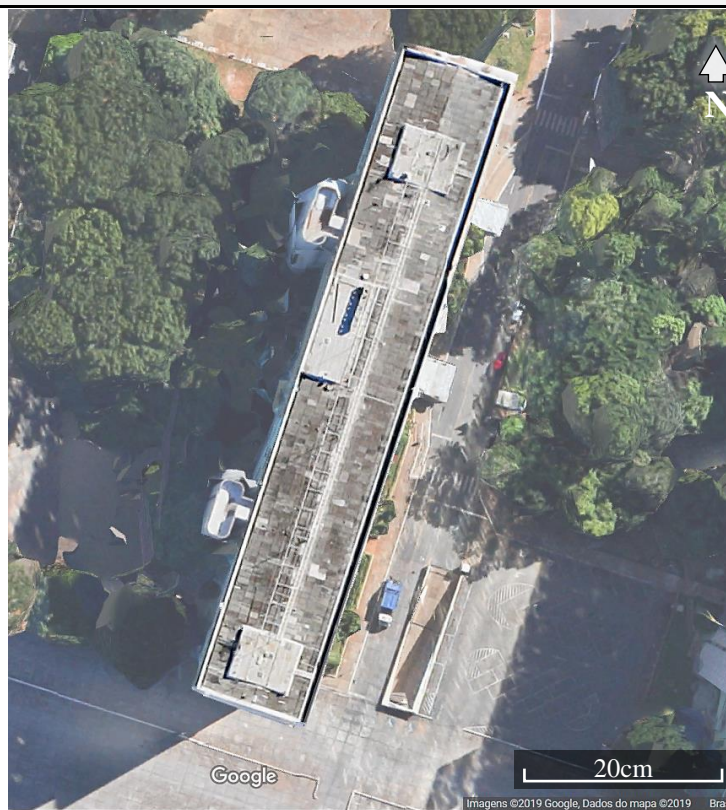
A seguir na Tabela 46, são apresentadas as coberturas do Bloco “E” e Bloco “R” e seus sistemas correspondentes.

Tabela 46 – Coberturas dos Blocos “E” e “R” (Adaptado do GOOGLE EARTH, 2019).

BLOCO “E” – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC

Chapa lisa de zinco (0,1cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Calhas e platibandas com manta aluminizada,
- Caixa de elevadores e caixa d’água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO “R” – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC

Telha fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Platibanda com manta aluminizada,
- Caixa de elevadores, caixa d’água e calhas: Manta asfáltica e proteção mecânica.



No Anexo E.3 é apresentado um levantamento das imagens das coberturas retiradas do Google Earth. Porém, para a realização de outros estudos pode ser utilizado um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) com o intuito de obtenção de imagens com alta resolução.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA

Este tópico irá descrever e caracterizar os componentes construtivos dos atuais sistemas de cobertura, presentes nos blocos que foram realizadas as inspeções. Os sistemas de cobertura serão analisados neste trabalho a partir da calculadora de propriedades por meio da plataforma *Projetee* e pelo método prescritivo detalhado pela ABNT NBR 15220:2005. Os resultados serão comparados com os parâmetros térmicos das normativas RTQ-C:2010 e ABNT NBR 15220:2013 e pelos parâmetros acústicos ABNT NBR 10151:2019 e ABNT NBR 10152:2017 e com os desempenhos exigidos pela ABNT NBR 15575:2013.

Os Blocos inspecionados no dia 09/07/2019 apresentaram duas características tipológicas diferentes de sistemas de cobertura.

O Bloco “E” (Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC), apresentou uma configuração de cobertura ilustrada na Figura 29. A cobertura possui na sua face externa telhas de chapa lisa de zinco, câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente, laje de concreto armado com 15 cm de espessura, câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente e placa de gesso (1cm), sendo estes os dados de entrada necessários para a avaliação do desempenho do sistema.

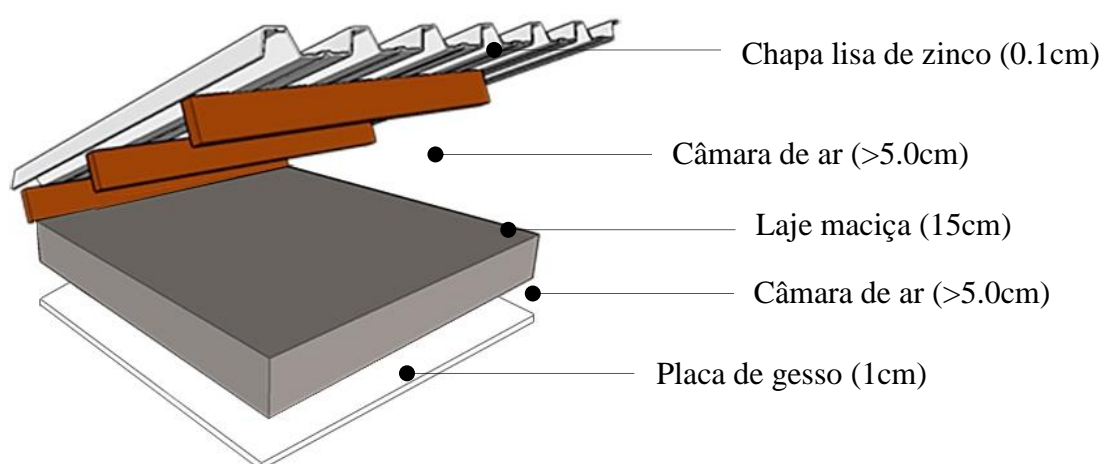


Figura 29 - Esquema das camadas de cobertura Bloco “E”.

O Bloco “R” (Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC), apresentou uma configuração de cobertura ilustrada na Figura 30. A cobertura possui na sua

face externa telhas de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente, laje de concreto armado com 15 cm de espessura, câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente e placa de gesso (1cm), sendo também estes os dados necessários para a avaliação do desempenho do sistema.

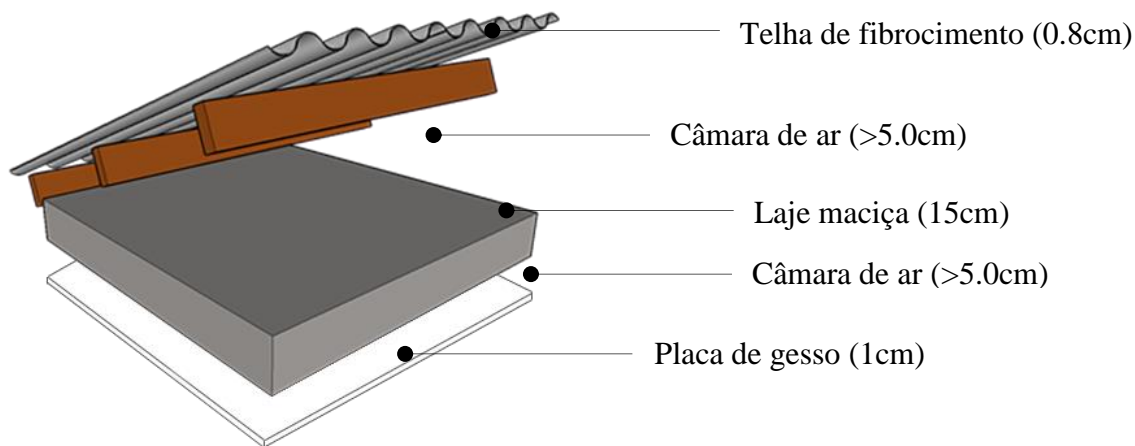


Figura 30 – Esquema das camadas de cobertura Bloco “R”.

Para ambos os sistemas (Bloco “E” e Bloco “R”) possui proteção mecânica apenas sobre as áreas de reservatórios superiores e casas de máquinas dos elevadores, com exceção do Bloco “R” que possui em todas as suas laterais. Nestes lugares o uso do gesso é utilizado em algumas ocasiões e em outras não. Porém, para as simulações será considerada a laje com a proteção mecânica e a placa de gesso, conforme a Figura 31 e esquematizado em amarelo na Tabela 47.

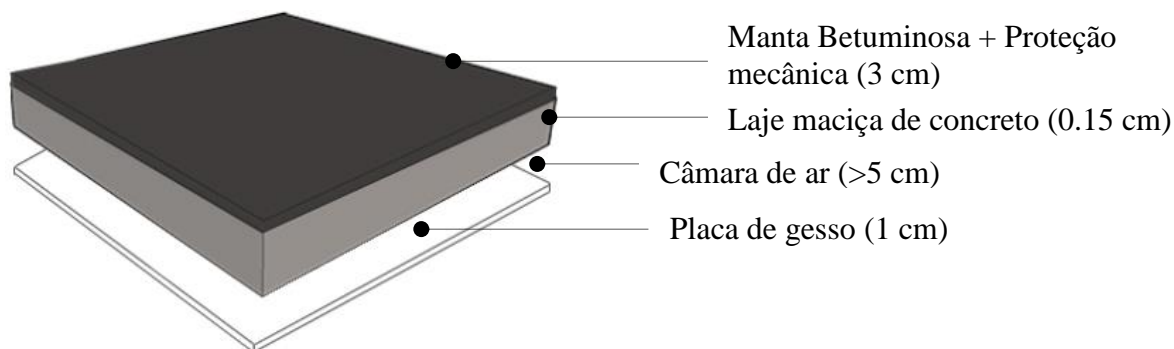
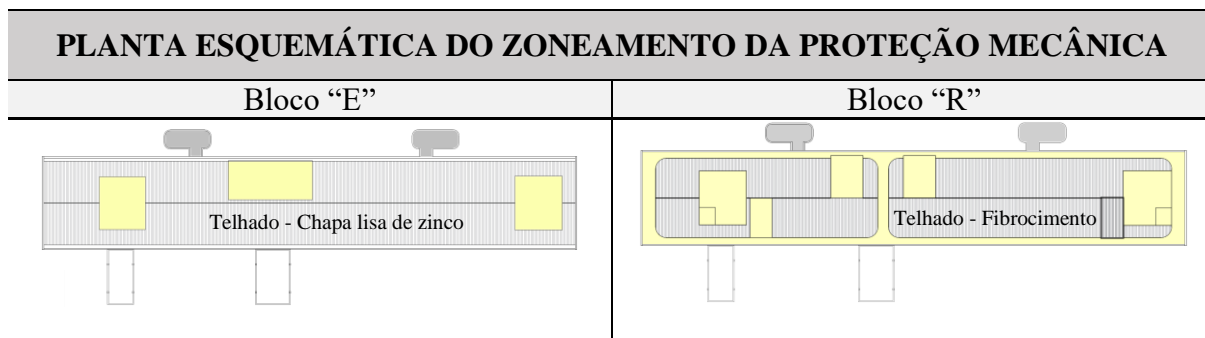


Figura 31 – Esquema das camadas de cobertura da manta betuminosa.

Tabela 47 - Planta esquemática do zoneamento em amarelo da proteção mecânica dos sistemas de cobertura.



5.3.1 Propriedades térmicas dos materiais do sistema de cobertura

A avaliação térmica do desempenho dos sistemas de cobertura é apresentada nas Tabelas 48 e 49, no qual expõem-se as propriedades térmicas dos materiais calculados por meio do método prescritivo determinado pela ABNT NBR 15220:2005 e pela calculadora de propriedades da plataforma *Projeteee*.

Tabela 48 – Propriedades térmicas dos materiais e elementos construtivos dos atuais sistemas de cobertura.

Sistema da Cobertura ¹¹		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o (%)
S1	Telha de fibrocimento (0,8cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	0,75	1,3	380,6	9:3	0,8	4,16

¹¹ RT – Resistência térmica total; U – Transmitância térmica; CT – Capacidade térmica; φ - Atraso térmico; α – Absortância; FS_o – Fator de ganho de calor solar de elementos opacos.

* Na calculadora de propriedades, o material Manta Betuminosa não se encontra nas opções para a montagem do sistema, por isso, foi utilizado como referência os valores das simulações realizadas para a Etiquetação do Nível de Eficiência Energética do Edifício Sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura – Bloco B conforme Cunha et al (2015).

* Os demais cálculos dos sistemas foram feitos por meio do método simplificado conforme a ABNT NBR 15220:2005.

* Valores de absortância para o componente Chapa Lisa de Zinco é de acordo com a ABNT NBR 15220:2005 e a absortância da Telha Betuminosa é de acordo com o estudo realizado por Coelho; Gomes; Dornelles (2017).

Tabela 49 – Continuação da Tabela 48.

S2	Chapa lisa de zinco (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	0,74	1,3	371,4	9:2	0,4	2,08
S3	Manta betuminosa (3cm); Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	0,63	1,19	400	16:32	0,86	4,09

5.3.2 Propriedades acústicas dos materiais do sistema de cobertura

A avaliação do desempenho acústico foi desenvolvida pelo Escritório Síntese Acústica Arquitetônica utilizando os parâmetros das normas ABNT NBR 10151:2019, ABNT NBR 10152:2017 e a ISO 12354-3:2000, apresentados nas Tabelas 50 e 51 com o valor final de atenuação do atual sistema de cobertura. Para a realização das simulações é considerado o volume do último pavimento.

Tabela 50 – Avaliação do desempenho acústico do atual sistema.

DESEMPENHO ACÚSTICO DE RUÍDO AÉREO EM COBERTURAS		
ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS – BLOCOS “E” e “F”		
Local avaliado: 9º pavimento dos Bloco “E” – Esplanada dos Ministérios		
Área do ambiente: 1488m ²		
Pé direito: 2,50m		
Volume: 3705,12m ³		
Sistema construtivo: Chapa lisa de zinco - 0,1cm + câmara de ar 5cm + laje maciça 15cm + câmara de ar 5cm + placa de gesso 1cm.		
SISTEMA DE COBERTURA		
Ambiente	Material	D _{2m,nT,w} (dB)
9º Pavimento tipo	Chapa lisa de zinco - 0,1 cm + câmara de ar 5 cm + laje maciça 15 cm + câmara de ar 5 cm + placa de gesso 1 cm	50,2

Tabela 51 – Continuação da Tabela 50.

Local avaliado: 9º pavimento do Bloco “R” – Esplanada dos Ministérios

Área do ambiente: 1488m²

Pé direito: 2,50m

Volume: 3705,12m³

Sistema construtivo: Telha de fibrocimento - 0,8cm + câmara de ar 5cm + laje maciça 15cm + câmara de ar 5cm + placa de gesso 1cm.

Manta betuminosa – 3cm + laje maciça 15cm + câmara de ar 5cm + placa de gesso 1cm.

SISTEMA DE COBERTURA

Ambiente	Material	D _{2m,nT,w} (dB)
9º Pavimento tipo	Telha de fibrocimento - 0,8 cm + câmara de ar 5 cm + laje maciça 15 cm + câmara de ar 5 cm + placa de gesso 1 cm	46,2
	Manta betuminosa – 3 cm + laje maciça 15 cm + câmara de ar 5 cm + placa de gesso 1 cm	45,2

5.4 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS DE INTERVENÇÃO POR MEIO DA MATRIZ DE ESCOLHA

A escolha dos materiais e sistemas será realizado por meio da matriz de escolha conforme as Tabelas 52, 53 e 54 e de acordo com os atendimentos aos critérios e parâmetros definidos nos itens 4.1; 4.2 (térmico e acústico), 4.3 e 4.4. Os resultados das avaliações de desempenho térmico e acústico estão representados no Anexo D.3.

Tabela 52 – Matriz de escolha dos materiais e sistemas de cobertura.

MATRIZ DE ESCOLHA DOS MATERIAIS					Pontuação
Soluções e componentes construtivos	Critério funcionais	Crítérios térmicos	Crítérios acústicos	Crítérios de tombamento (limitações)	
S1 Placa fotovoltaica; Câmara ventilada (>5 cm); Manta betuminosa + Proteção mecânica (3 cm); Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Lã de vidro (6,3 cm); Placa de gesso (1 cm)					4

Tabela 53 – Continuação da Tabela 52.

S2	Teto jardim (Terra argilosa seca com 40 cm de espessura sobre a laje); Manta betuminosa (3 cm); Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					4
S3	Telha metálica (0,1 cm); Poliuretano (4 cm); Telha metálica (0,1 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					4
S4	Telha metálica (0,1 cm); Poliestireno (4 cm); Telha metálica (0,1 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					4
S5	Telha metálica (0,1cm); Lã de rocha (2,5 cm); Telha metálica (0,1 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					4
S6	Telha cerâmica natural (1 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					2
S7	Piso cerâmico área externa (0,75 cm) sem telhamento; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					1
S8	Telha plástica de PVC (0,2 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)					2

Tabela 54 – Continuação da Tabela 53.

S9	Telha ondulada betuminosa (0,3 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)	■	■	■	■	2
S10	Telha de polipropileno (0,1 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5 cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1 cm)	■	■	■	■	2

Legenda: ■ Atendido = 1 ponto ■ Não atendido = 0 ponto

5.4.1 Propostas e soluções para o Sistema de Cobertura

As variáveis deste estudo é a montagem de cinco propostas com diferentes sistemas conforme exemplificado nas Tabelas 55 e 56. Para tais sistemas serão avaliados as propriedades térmicas e acústicas e os seus níveis de desempenho. Serão consideradas apenas as áreas que não incluem as lajes impermeabilizadas das caixas de elevadores e escadas para a aplicação dos sistemas.

Tabela 55 - Composição dos sistemas propostos

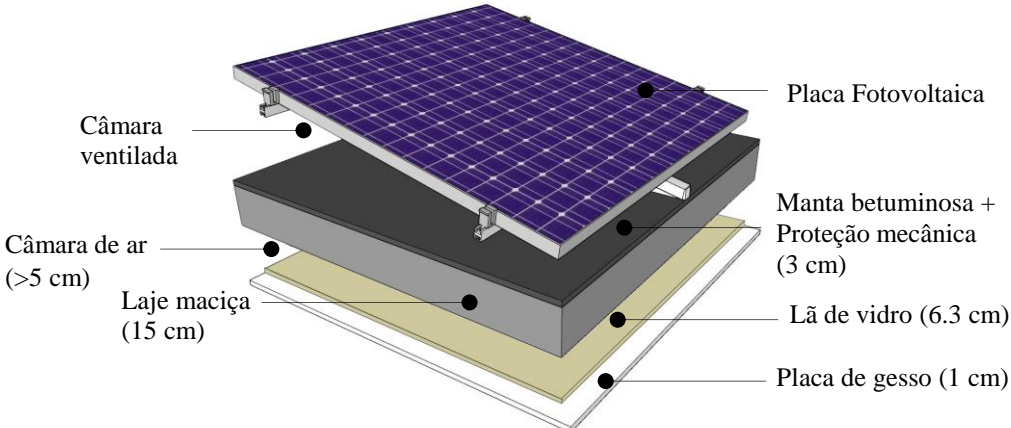
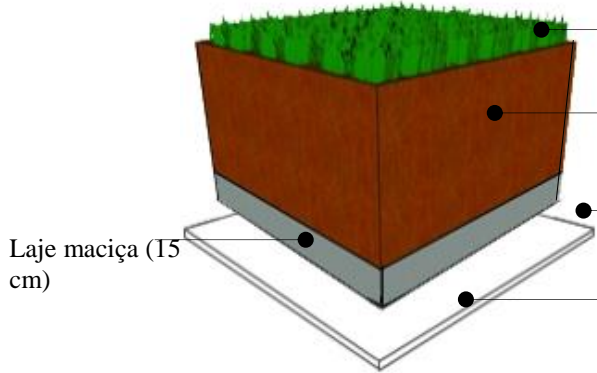
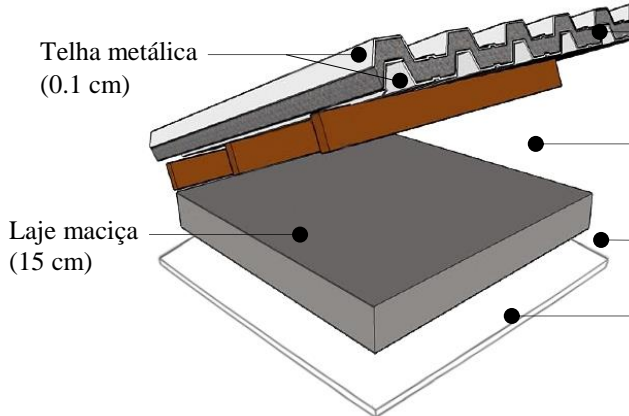
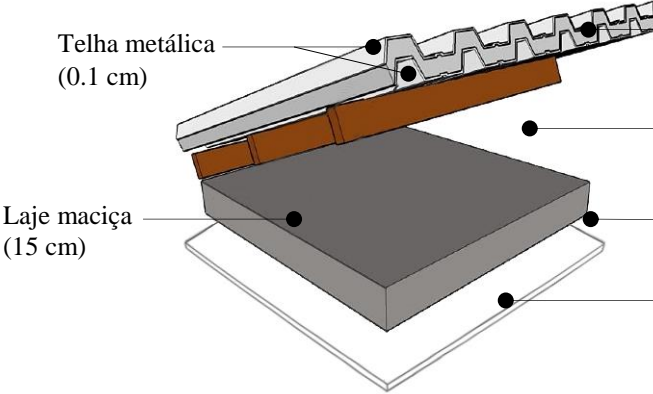
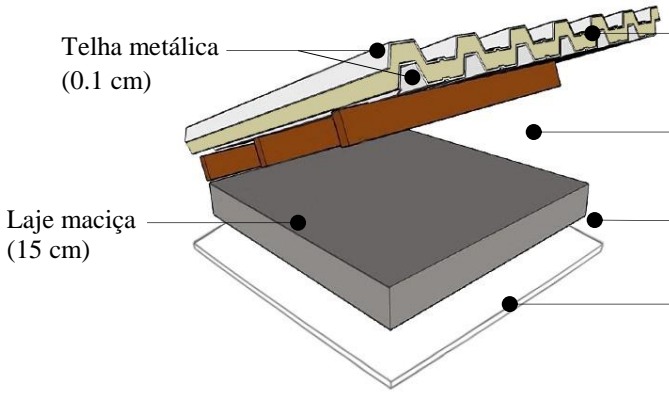
Sistemas	SISTEMAS DE COBERTURA
S1	 <p>Câmara ventilada</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Laje maciça (15 cm)</p> <p>Placa Fotovoltaica</p> <p>Manta betuminosa + Proteção mecânica (3 cm)</p> <p>Lã de vidro (6.3 cm)</p> <p>Placa de gesso (1 cm)</p>

Tabela 56 – Continuação da Tabela 55.

<p>S2</p>	 <p>Jardim</p> <p>Terra argilosa seca com 40 cm de espessura sobre a laje + Manta betuminosa</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Placa de gesso (1 cm)</p> <p>Laje maciça (15 cm)</p>
<p>S3</p>	 <p>Poliuretano (4 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Placa de gesso (1 cm)</p> <p>Laje maciça (15 cm)</p> <p>Telha metálica (0.1 cm)</p>
<p>S4</p>	 <p>Poliestireno (4 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Placa de gesso (1 cm)</p> <p>Laje maciça (15 cm)</p> <p>Telha metálica (0.1 cm)</p>
<p>S5</p>	 <p>Lã de rocha (2.5 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Câmara de ar (>5 cm)</p> <p>Placa de gesso (1 cm)</p> <p>Laje maciça (15 cm)</p> <p>Telha metálica (0.1 cm)</p>

5.4.2 Características e propriedades térmicas dos sistemas propostos

As Tabelas 57 e 58 a seguir, traz as características e propriedades térmicas dos materiais propostos em cada sistema, com os respectivos valores de Resistência térmica, Transmitância Térmica, Capacidade térmica, Atraso térmico, Absortância solar e Fator solar para elementos opacos.

Tabela 57 – Características e propriedades térmicas dos sistemas propostos

SOLUÇÕES E COMPONENTES CONSTRUTIVOS							
Sistemas de Cobertura		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o (%)
S1	Placas fotovoltaicas; Câmara ventilada; Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm); Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Lã de vidro (6,3cm); Placa de gesso (1cm)	2,04	0,49	483,2	20:5	NAP ¹²	NAP
S2	Vegetação Terra argilosa seca (40cm); Manta betuminosa (3cm); Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	1,39	0,71	971,2	23:3	0,2 ¹³	0,56
S3	Telha metálica (0,1cm); Poliuretano (4cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	2,08	0,5	379,0	23:5	0,4	0,8

¹² De acordo com o item 3.2.2 do RTQ-C:2010, não fazem parte da ponderação de áreas para o cálculo da absortância: b. áreas cobertas por coletores e painéis solares. Para o intuito informativo, e o ângulo de inclinação dos coletores solares deve estar no intervalo compreendido entre a latitude do local do edifício e está latitude acrescida de 10°.

¹³ Ressalta-se que, de acordo com item 3.1.1.2 b do RTQ-R:2010, considerações sobre a absortância solar das superfícies externas que compõem os ambientes, as coberturas vegetais (teto jardim), não precisam atender ao pré-requisito de absortância. Portanto, conforme informado por Inmetro (2014), deve ser adotado o valor de 0,2 de absortância para teto jardim.

Tabela 58 – Continuação da Tabela 57.

Sistemas de Cobertura		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o (%)
S4	Telha metálica (0,1cm); Poliestireno (4cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de Ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	1,74	0,6	379,0	20:4	0,4	0,96
S5	Telha metálica (0,1cm); Lã de rocha (2,5cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	1,30	0,8	376,9	13:2	0,4	1,28

RT - Resistência térmica total (m². K/W), U - Transmitância térmica (W/m².K), CT - Capacidade térmica (kJ/m².K), φ - Atraso térmico (horas), α - Absortância Solar (superfícies opacas), FS_o (%) – Fator de ganho de calor solar de elementos opacos.

* Valores de absortância das telhas metálicas utilizados por Cunha (2015) para a realização das simulações no MMA.

5.4.3 Características e propriedades acústicas dos materiais propostos

As Tabelas 59 e 60 descrevem os valores encontrados de atenuação pelos sistemas propostos, em que o valor mínimo de atenuação deveria ser 15dB para os cenários simulados. Para a realização das simulações é considerado o volume do último pavimento.

Tabela 59 – Características e propriedades acústicas dos materiais propostos

SOLUÇÕES E COMPONENTES CONSTRUTIVOS		
Local avaliado: 9º pavimento dos Blocos – Esplanada dos Ministérios		
Área do ambiente: 1488m ²		
Pé direito: 2,50m		
Volume: 3705,12m ³		
Sistemas de Cobertura	Atenuação	D _{2m,nT,w} (dB)

Tabela 60 – Continuação da Tabela 59.

Sistemas de Cobertura		Atenuação	D_{2m,nT,w} (dB)
S1	Placas fotovoltaicas; Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm); Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Lã de vidro (6,3cm); Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	52,2¹⁴
S2	Vegetação; Terra argilosa seca (40cm) Manta betuminosa (3cm); Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	59,2
S3	Telha metálica (0,1cm); Poliuretano (4cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso 1cm	60 – 45 = 15dB	55,2
S4	Telha metálica (0,1cm); Poliestireno (4cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15cm); Câmara de Ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso 1cm	60 – 45 = 15dB	61,2
S5	Telha metálica (0,1cm); Lã de rocha (2,5cm); Telha metálica (0,1cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Laje maciça (15 cm); Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente; Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	61,2

¹⁴ Por meio dos resultados simulados pelo Escritório Síntese Acústica Arquitetônica, a Placa Fotovoltaica não interfere acusticamente na cobertura, pelo fato de não estar totalmente apoiada no sistema da cobertura, precisando apenas de uma inclinação, sendo assim, a placa fica com uma parte suspensa. A câmara de ar não foi considerada para o cálculo de atenuação, uma vez que já é considerada presente no ambiente exterior, e não entre os itens do sistema. Para tanto é considerado os demais itens do sistema para a análise.

5.5 ANÁLISE DE DANOS DOS SISTEMAS DE COBERTURA

O sistema de cobertura faz parte da envoltória da edificação, quando não cumpre com seu papel de proteção e deixa com que intempéries se infiltre na edificação, não exerce a função para o qual foi projetado.

A análise de danos dos atuais sistemas será caracterizada por meio do diagnóstico de Prioridade de intervenção dos sistemas, conforme especificado na Tabela 26, sendo encontrados após a realização da vistoria de inspeção definidos no item 4.1.1 desta metodologia.

As propostas dos sistemas de coberturas poderão ser aplicadas quando os sistemas atuais apresentarem os Níveis de Prioridades de Intervenção 3 e 4, sendo Ações de curto prazo (1 a 2 anos) e Ações de prioridade imediata (6 meses). Os Níveis de Prioridades de Intervenção 1 e 2 não se aplicam pelo fato de serem ações sem urgência e ações a médio prazo (2 a 5 anos).

A seguir, é apresentado na Figura 32 as tipologias dos atuais sistemas de cobertura dos edifícios dos ministérios.

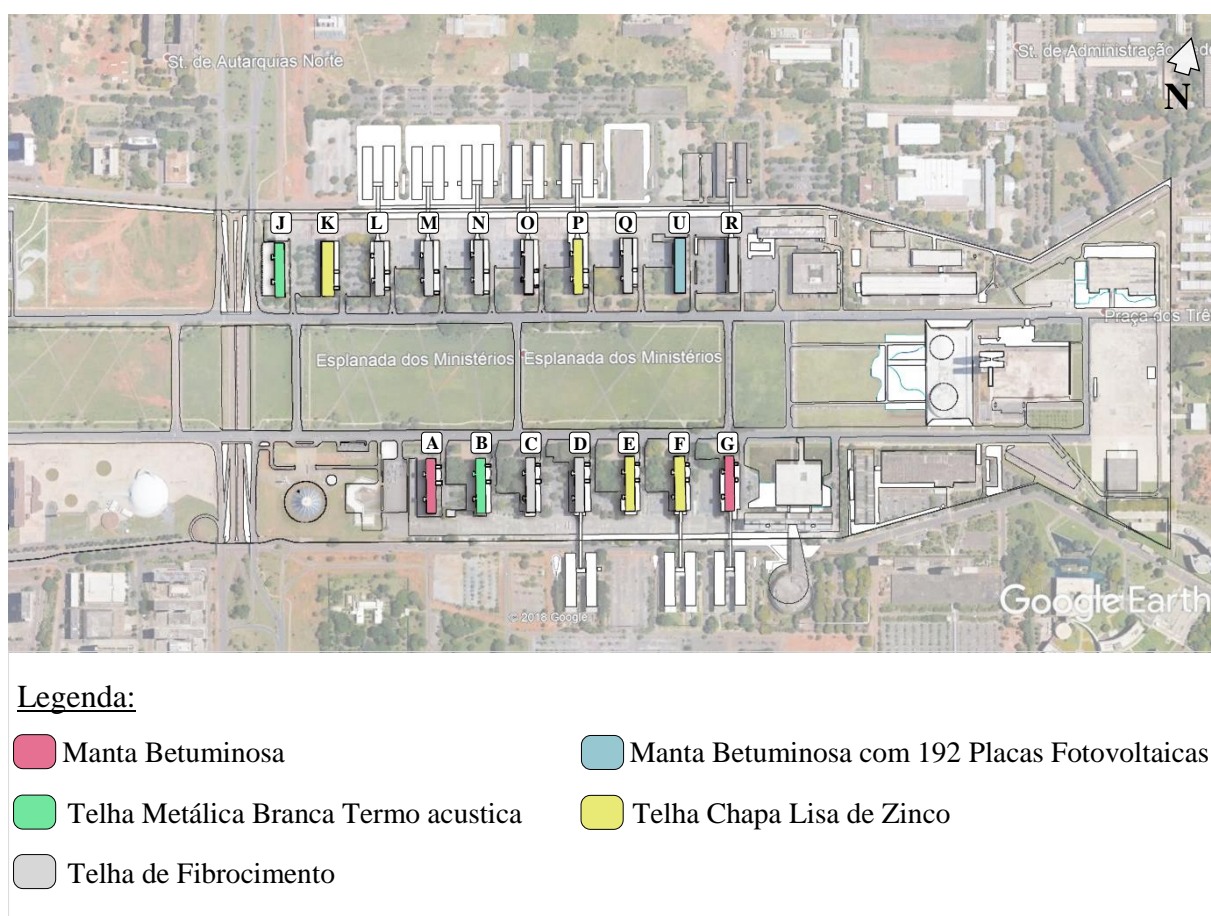


Figura 32 – Tipologias dos sistemas atuais de cobertura dos edifícios dos ministérios.

A partir dos contatos realizados por meio de ligações durante o período de 08/07/2019 a 23/07/2019, foram coletadas informações fornecidas pelos engenheiros responsáveis de cada Bloco dos Ministérios. Tais informações serviram de base para a conclusão do estado atual dos sistemas das coberturas. Na Tabela 61 é sistematizado por quantidade as tipologias dos atuais sistemas de cobertura.

Tabela 61 – Resumo das tipologias dos atuais sistemas de cobertura

TIPO DO SISTEMA				
Manta Betuminosa	Telha metálica branca termo acustica	Telha de Fibrocimento	Telha Chapa Lisa de Zinco	Manta Betuminosa e Placas Fotovoltaicas
2 Blocos	2 Blocos	8 Blocos	4 Blocos	1 Bloco

Dentre os 17 Blocos, identificou-se que apenas 8 blocos ainda mantem o projeto original com o telhado de fibrocimento, uma vez que os Blocos têm passado por ajustes em seu sistema de cobertura. Dentre os 8 blocos, pode-se afirmar por meio das consultas realizadas com os engenheiros, que em todas as coberturas precisam ser refeitas a proteção mecânica, pois apresentam problemas de destacamento e fissuração.

As informações também afirmam que mesmo nos sistemas que já foram realizados a troca do tipo de telhado, também necessitam refazer a proteção mecânica, confirmada tal afirmação após a visita realizada no Bloco “E”.

Os dois blocos que apresentam os telhados termo acústicos passaram por mudanças, mas notório que por meio da escolha do sistema, estavam preocupados com o desempenho para uma melhor qualidade de trabalho dos funcionários dos edifícios, além da questão sustentável, ecológica e de eficiência energética.

Portanto, concluiu-se por meio das visitas realizadas nos Blocos “E” e “R”, apresentaram coberturas com telhado de chapa lisa de zinco e o telhado de fibrocimento, em que a proteção mecânica necessita ser refeita. Fato este aferido nos resultados e discussões do item 6.1 deste trabalho.

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DIAGNÓSTICO DA INSPEÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURA E CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO – VISTORIA EXTERNA

Para a vistoria externa foi utilizado como metodologia, a visita *in loco* conforme os locais requeridos (considerações presentes no capítulo 3.5.4 e 3.5.5 da revisão bibliográfica). Os registros fotográficos foram realizados no período da tarde no dia 09/07/2019.

Após a vistoria das coberturas dos Blocos “E” e “R”, notou-se diferenças entre os materiais identificados pelo Google Earth e os que foram encontrados *in loco*. Fato este, explicado pela desatualização do sistema após as modificações que foram sendo realizadas. Portanto, coube entrar em contato com cada Setor de Engenharia dos Blocos nos quais não se teve o acesso para a obtenção de tais informações. Dados informados para a complementação do item 6.5 e no Anexo 3 deste trabalho.

Por limitações de acesso, não foi possível realizar a vistoria nos ambientes internos no 9º pavimento dos Blocos dos Ministérios, portanto, concentrou-se apenas na vistoria externa e aos relatos descritos pelos responsáveis da manutenção dos edifícios, uma vez que a principal reclamação foi que as impermeabilizações estão comprometidas, de modo geral, em todos os blocos que faz o uso desta, destacando apenas o Ministério do Meio Ambiente que passou por um processo de *retrofit* visando a eficiência energética de todo o bloco.

Salienta-se que ao decorrer dos 59 anos de existência foram múltiplas as intervenções no sistema de cobertura. Não foi possível determinar quais e quando ocorrem, por falta de documentação centralizada acerca de tais fatos. A última intervenção relatada no Bloco “E” foi a aplicação de argamassa polimérica cinza no início do ano de 2019, por causa das junções dos ministério ocasionadas pelo atual governo, em que teve instalações de equipamentos dos órgãos, mas o sistema propriamente dito, incluindo alterações de manta e telhado foi a mais de quatro anos, enquanto que no Bloco R teve-se uma intervenção no primeiro semestre do ano de 2019, após a identificação de infiltrações causadas no período de chuva, mas justificada pela engenheira responsável como uma medida provisória.

Nos itens 6.1.1 e 6.1.2 são apresentados as constatações e problemas inerentes ao sistema de cobertura do Bloco “E” e Bloco “R”.

6.1.1 Vistoria dos sistemas de cobertura – Bloco “E”

A partir do conhecimento das anomalias relatadas pelos engenheiros responsáveis e pela vistoria externa realizada, foi possível a constatação e verificação dos problemas definidos por zonas com hipóteses preliminares, a fim de evitar que tais problemas se agravem. Foi realizado uma análise registrando em fotografias as anomalias e consequências recorrentes visualizadas.

Nas Tabelas 62 e 63 são apresentados a identificação e caracterização da cobertura do Bloco “E” para vistoria, e em seguida são apresentadas as zonas e suas anomalias.

Tabela 62 - Folha de identificação do Bloco “E”; modelo proposto por Morgado (2012).

Ficha de Inspeção N.º	1
Técnico Responsável	Lara Monalisa Alves dos Santos
Data De Inspeção	09/07/2019
INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO	
Nome/localização do edifício	Bloco E – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações – Esplanada dos Ministério – Eixo Monumental – Brasília – DF
Ano da construção	1960
Caracterização funcional	Comercial (Institucional)
N.º de pisos	10
Tipo de envolvente	Urbana
Contatos diretos efetuados	Kênia Dias César e Lucidalva Rodrigues
Intervenções Anteriores na cobertura	Aplicação de uma Argamassa Polimérica Cinza
Data	2019
Responsáveis	Atlântico Engenharia
Observações	Não foi possível ter acesso ao ambiente interno - 9º pavimento.

Tabela 63 - Caracterização da cobertura do Bloco “E”; modelo proposto por Morgado (2012)

CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURAS INCLINADAS			
Forma da Cobertura	Regular de duas águas		
Área da Cobertura	1764 m ²		
Inclinação da Cobertura	Não determinada		
Elementos fontes de manutenção	Revestimento	Metálico	Zinco
	Estrutura de Suporte	Contínua	Laje maciça de concreto
	Singularidade	Sistema de Remates	Cumeeiras, beirais e platibandas
		Sistema de Drenagem	Calhas de concreto na própria estrutura
Alvenarias		Tijolos cerâmicos	

Os locais analisados na vistoria externa concentraram-se nas regiões que possuem laje impermeabilizada e proteção mecânica. São estes as torres de casa de máquina dos elevadores e reservatórios superiores. No Bloco “E” não possuem problemas de infiltrações, o telhado de chapa de zinco encontra-se em bom estado de conservação, o problema que atinge a cobertura é a proteção mecânica que apresenta fissuras em diversos pontos.

Nas lajes impermeabilizadas concentram-se a presença de antenas utilizadas pelos órgãos presentes no Bloco “E”. Serão apresentados a seguir 4 zonas identificadas na Figura 33 e apresentados por meio de fotografias as anomalias encontradas.

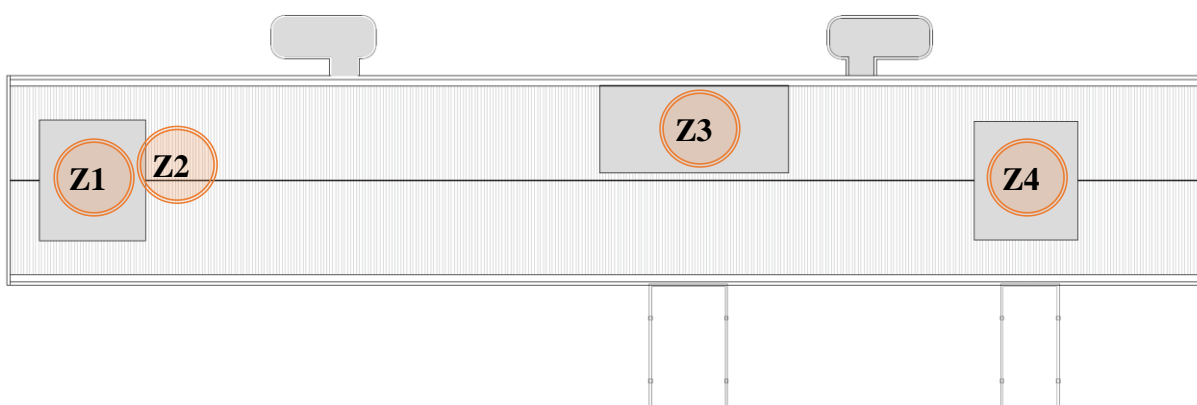


Figura 33 – Planta de zoneamento da cobertura do Bloco “E” (Imagem ilustrativa, sem escala).

a) Zona 01

O local analisado é o acesso do último pavimento para a cobertura, onde concentra-se a maior parte das fissurações encontradas. As fissurações estão por toda a laje e nesta laje há a presença de 8 *splits* do ar condicionado.

Verifica-se por meio da Figura 34, o destacamento da proteção mecânica próximo a porta de acesso a cobertura, deixando à mostra a manta asfáltica sobre a ação de intempéries. Essa situação pode levar ao acúmulo de água pelo desnível provocado e, por consequência, a desagregação de maiores áreas, além do grave problema de impermeabilização já comprometido, o que beneficia o agravamento futuro.



Figura 34 – Estrutura de suporte - Zona 01 (Autor, 2019).

Nas regiões das extremidades (Figura 35 e Figura 36), percebe-se as desagregações do concreto provocadas pela fissuração (de retração na maior parte), também por reparos realizados na proteção mecânica (sistema de impermeabilização), definida neste trabalho como estrutura de suporte.



Figura 35 e Figura 36 - Estrutura de suporte - Zona 01 (Autor, 2019).

b) Zona 02

Com relação aos remates, foi identificado pequenos descolamentos da impermeabilização aluminizada na Zona 02. Este remate encontra-se entre a laje impermeabilizada e o telhado de chapa de zinco, mostrado na Figura 37.



Figura 37 - Estrutura de suporte - Zona 02 (Autor, 2019).

c) Zona 03

A Zona 03 mostra a necessidade de intervenção de acordo com o uso do Bloco. Tal intervenção foi realizado para a instalação de equipamentos do Ministério da Integração, após a sua migração para o Bloco “E” no ano de 2019.

Na intervenção foi utilizada uma Argamassa Polimérica Cinza, com a função de ser um impermeabilizante e protetor, uma vez que nesta ocasião funciona-se apenas como um curativo provisório, sendo alegado pela engenheira responsável como uma medida preventiva, resolvendo momentaneamente o problema, como mostrado nas Figuras 38 e 39.



Figura 38 e Figura 39 - Estrutura de suporte - Zona 03 (Autor, 2019).

d) Zona 04

A Zona 04 apresentou-se bastante degradada com o acúmulo de sujidade superficial no concreto. Também percebeu-se a realização de intervenções nas regiões da extremidade e com a presença de fissuras provocadas por retração/variação térmica do concreto e áreas de descolamento da impermeabilização aluminizada, podendo ocasionar problemas de carbonatação e acarretar na durabilidade do sistema (Figura 40 e Figura 41).



Figura 40 e Figura 41 - Estrutura de suporte - Zona 04 (Autor, 2019).

Nas Figuras 42 e 43, foram identificadas fissurações e desagregação do concreto próximo as áreas das portas dos reservatórios, detectados visualmente com medidas a partir de 1milimetro.

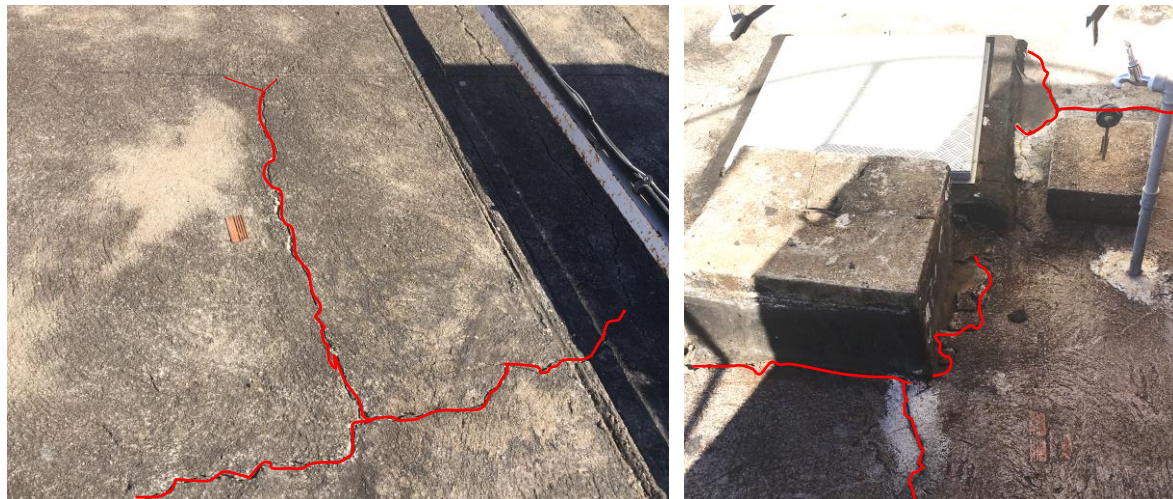


Figura 42 e Figura 43 - Estrutura de suporte - Zona 04 (Autor, 2019).

6.1.1.1 Diagnóstico

Em todo o telhado não foi, no entanto, encontrado qualquer sinal de corrosões, desagregações, fissuração ou destacamento, evidenciando a durabilidade das chapas de zinco sob condições ambientais de meio urbano. Também não foram encontrados danos nos elementos de fixação aparentes no telhado.

Não foi possível verificar *in loco* o sistema de drenagem, pois foi recomendado fazer a inspeção apenas nos locais com a presença das grades de acesso, uma vez que, encontram-se localizadas apenas na área central do telhado.

O edifício encontra-se implantado próximo apenas de vegetações de pequeno porte, e com isso a partir de informações cedidas pelos engenheiros responsáveis, é realizada a limpeza dos ralos abacaxis frequentemente e constatado apenas a presença de areias. As calhas são impermeabilizadas com manta aluminizada.

As zonas de foco 01 e 04 possuem as mesmas anomalias de desagregações e fissurações (origem endógenas). O que pode estar provocando as desagregações seria o acúmulo de água da chuva se que empoça, sendo, portanto, necessário a realização de uma nova impermeabilização com manta asfáltica e proteção mecânica, com uma inclinação mínima de 2%.

A zona de foco 01 é a única que visualmente tenha recebido uma limpeza superficial para a retirada de sujidades, e na zona de foco 04 que estas sujidades são alarmantes (origem natural).

Na zona de foco 02, foi identificado nos remates, pequenos descolamentos da impermeabilização aluminizada, sendo anomalias de origem endógena.

O uso de uma Argamassa Polimérica Cinza na Zona de foco 03 como dito anteriormente, é uma medida preventiva, sendo necessário a intervenção em todo o sistema de proteção mecânica.

6.1.2 Vistoria dos sistemas de cobertura – Bloco “R”

Neste tópico será descrito as anomalias encontradas também na inspeção *in loco* do dia 09/07/2019. Foi informado pelos engenheiros responsáveis que, a situação do sistema de cobertura do Bloco “R” encontrava-se em uma situação de maior degradação, quando comparado com o Bloco “E”.

Tal situação foi confirmada após a realização da inspeção *in loco*, e percebe-se por meio das imagens a seguir que já houve problemas com infiltrações, além de apresentar uma grande quantidade de cabeamento e antenas de uso do próprio edifício.

A identificação do Bloco “R” para vistoria é apresentado nas Tabelas 64, 65 e 66 a seguir.

Tabela 64 - Folha de identificação do Bloco “R”; modelo proposto por Morgado (2012).

Ficha de Inspeção N.º	2
Técnico Responsável	Lara Monalisa Alves dos Santos
Data De Inspeção	09/07/2019
INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO	
Nome/localização do edifício	Bloco R – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações – Esplanada dos Ministérios – Eixo Monumental – Brasília – DF
Ano da construção	1960
Caracterização funcional	Comercial (Institucional)
N.º de pisos	10
Tipo de envolvente	Urbana
Contatos diretos efetuados	Kênia Dias César e Sebastião Nunes de Oliveira
Intervenções Anteriores na cobertura	Aplicação da Argamassa Polimérica Cinza
Data	2019
Responsáveis	Atlântico Engenharia

Tabela 65 – Continuação da Tabela 64.

Observações	Utilizou uma Argamassa Polimérica Cinza nos locais que tinham infiltrações. Não foi possível ter acesso ao ambiente interno - 9º pavimento.
--------------------	--

Tabela 66- Caracterização da cobertura do Bloco “R”; modelo proposto por Morgado (2012)

CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURAS INCLINADAS			
Forma da Cobertura	Regular de duas águas		
Área da Cobertura	1764m ²		
Inclinação da Cobertura	Não determinada		
Elementos fontes de manutenção	Revestimento	Pétreo artificial	Fibrocimento
	Estrutura de Suporte	Contínua	Laje maciça de concreto
	Singularidade	Sistema de Remates	Cumeeiras, beirais e platibandas
		Sistema de Drenagem	Calhas de concreto na própria estrutura
	Alvenarias	Tijolos cerâmicos	

O uso da cobertura concentra-se em toda a laje impermeabilizada. A proteção mecânica atende as exigências de que a laje deve-se ter em toda a borda uma mureta de no mínimo 15 cm de altura, de concreto, monolítica com a laje, evitando o destacamento e conseqüente ruptura da manta.

Serão apresentados a seguir as 4 zonas identificadas na Figura 44, por meio de fotografias as anomalias encontradas.

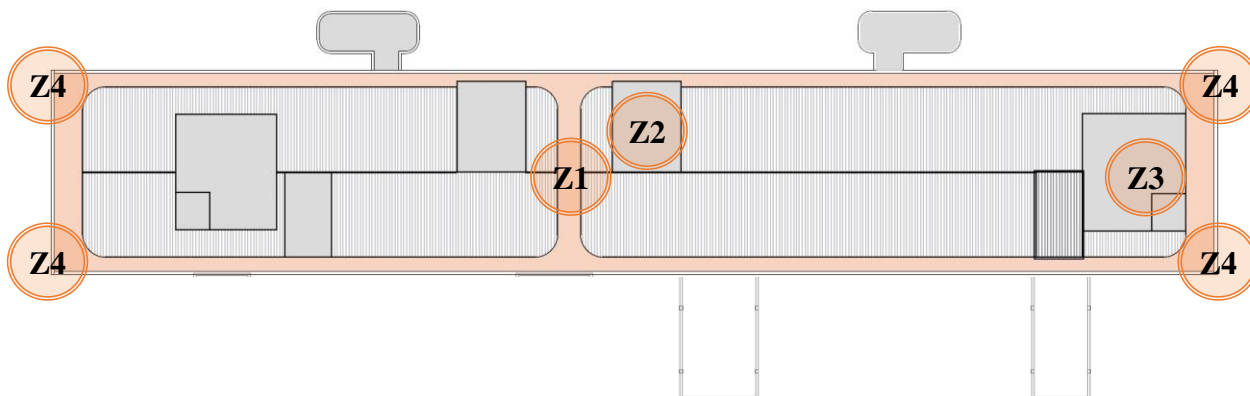


Figura 44 - Planta de zoneamento da cobertura do Bloco "R" (Imagem ilustrativa, sem escala).

a) Zona 01

Nesta zona de foco 01, foi realizado a aplicação de argamassa Polimérica Cinza, uma vez que esta é apenas uma medida preventiva para o estancamento de infiltrações no sistema, mostrado nas Figuras 45 e 46. No momento, constatou a inexistência de um plano de manutenção, a argamassa foi aplicada sem um critério específico.



Figura 45 e Figura 46 – Aplicação da Argamassa Polimérica Cinza para a impermeabilização das infiltrações (Autor, 2019).

b) Zona 02

Mostrado nas Figuras 47 e 48, apresenta-se áreas com grandes fissuras geradas nas proteções mecânicas devido à retração/variação térmica do concreto. Estas retrações se configuram em uma retração por secagem, acarretando a desagregação do concreto.



Figura 47 e Figura 48 – Fissuração e desagregação na proteção mecânica (Autor, 2019).

c) Zona 03

Nesta zona de foco 03, foi identificada outra intervenção utilizando a Argamassa Polimérica Cinza por causa de infiltrações presentes nesta região no período de chuva. Esta intervenção foi uma medida preventiva com a intenção de resolver o problema momentâneo, como mostrado nas Figuras 49 e 50.



Figura 49 e Figura 50 - Aplicação de uma Argamassa Polimérica Cinza para a impermeabilização das infiltrações (Autor, 2019).

d) Zona 04 – Toda a parte de impermeabilização e proteção mecânica

Em toda a parte da proteção mecânica, foram verificadas fissuras e desagregações no concreto. Próximo as saídas de águas pluviais, bem como em locais que é possível o acúmulo de água, constata-se desagregação do concreto, Figuras 51, 52, 53 e 54.



Figura 51 e Figura 52 – Desagregação do concreto e fissurações na proteção mecânica (Autor, 2019).

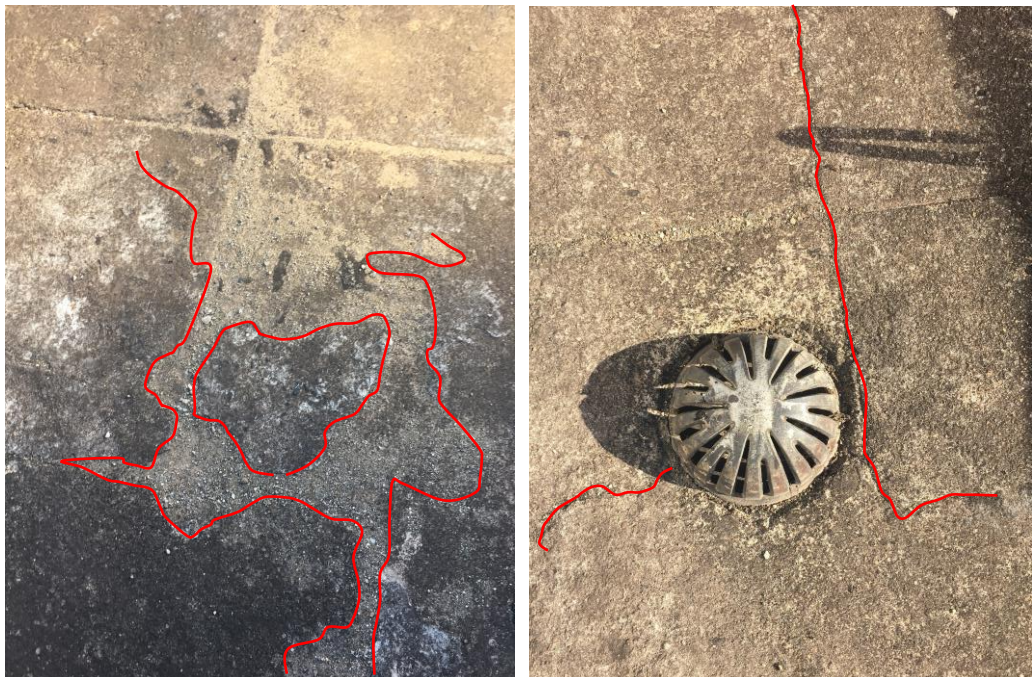


Figura 53 e Figura 54 – Desagregação do concreto e fissurações na proteção mecânica (Autor, 2019).

Verifica-se situações com desenvolvimento de vegetação parasitária por debaixo de toda a canaleta de fios presentes ao longo do telhado. A situação, refere-se provavelmente ao acúmulo de água de chuva empoeçada (zonas de acúmulo de água) e ao sombreamento proporcionado pelas canaletas, conforme as Figuras 55 e 56.



Figura 55 e Figura 56 – Acumulação de vegetação parasitária (Autor, 2019).

6.1.2.1 Diagnóstico

Todo o sistema de cobertura avaliado do Bloco “R” apresenta-se generalizadamente sujo, com muitas formações de vegetação parasitária abaixo das canaletas dos cabeamentos. Em alguns momentos o acesso a cobertura torna-se quase impossível pela quantidade de cabeamentos que se faz uso na edificação. Fato este é esclarecido por um dos órgãos presentes ser o de Telecomunicações, com antenas das operadoras Vivo, Tim e Claro.

O que tem provocado as desagregações pode ser o acúmulo de água da chuva que se empoeça. As fissurações são passagens para a percolação da água da chuva, sendo, portanto, de origens endógenas. É necessário a realização de uma nova impermeabilização com manta asfáltica e proteção mecânica, com a inclinação mínima de 2%.

Tanto a zona foco 01 quanto a zona foco 03 receberam uma camada de Argamassa Polimérica Cinza como medida preventiva para impermeabilização da água da chuva. Portanto com relação as estas zonas o diagnóstico é incerto, já que na vistoria havia sido realizado uma intervenção, mas a indicação é refazer todo o sistema.

A zona foco 02 apresenta-se bastante degradada e com possíveis manifestações de infiltrações pelo grau de fissuração e desagregação do concreto (origem endógenas).

Na zona foco 04, por debaixo do beiral do telhado e canaletas dos cabearmentos constata-se o acúmulo de vegetação parasitária, bem como nas saídas de águas pluviais, a degradação do concreto (origem natural).

As juntas existentes entre as placas da proteção mecânica ao longo do comprimento da laje, apresentam-se bastante degradadas, sem qualquer sinal dos elementos de enchimento e selante. Estas juntas nas condições em que estão constituem-se em caminho de infiltração, provocando maiores desagregações do concreto e, como resultado, prejudicando no desempenho do sistema (origem endógenas).

Durante a vistoria de inspeção, não foi constatado problemas com sujidades nos ralos abacaxis, uma vez que de acordo com o engenheiro responsável pelo Bloco, são realizadas inspeções de constante limpeza.

Há que se salientar que as causas das manifestações nos locais identificadas neste item e no item 6.1.2, como zonas 1, 2, 3 e 4 são apenas hipóteses prováveis e determinadas a partir da inspeção tátil visual que ocorreu durante a vistoria externa ou *in loco*, não deve ser tomada como diagnóstico final, necessitando de maiores testes e análises para tal.

Destaca-se que o foco deste trabalho não é a explicação de causas e atribuição de responsabilidades, o que configuraria uma perícia, mas tão somente a caracterização do estado atual dos sistemas de cobertura que foram objeto da vistoria e inspeção, tendo como foco identificação de problemas.

6.1.3 Prioridade de Intervenção das Anomalias no Bloco “E”

A prioridade de intervenção, ou seja, o quão urgente é a necessidade de correção de problemas será feita a partir da metodologia proposta por Morgado (2012) e com procedimento referido no item 3.5.5 da revisão bibliográfica.

Na Tabela 67 a seguir, são apresentadas as anomalias existentes no Bloco “E”, em forma de tabela com a indicação da sigla e descrição, conforme o item 4.1.1 da metodologia e as tabelas do Anexo I.

Tabela 67 – Identificação das anomalias existentes no Bloco “E” para Prioridade de Intervenção.

EFM	SIGLA ANOMALIA	DESCRIÇÃO
Estrutura de suporte (apenas laje descoberta)	A-E 2	Fissuração
	A-E 3	Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-E 5	Desagregação
Anomalias no sistema de remates	A-S 1	Descolamento dos remates de impermeabilização
Anomalias no Sistema de drenagem (calhas e tubos de queda)	A-D 1	Sujidade superficial e acumulação de detritos

A seguir, nas Tabelas 68 e 69 é apresentado o procedimento para definição da prioridade de intervenção das anomalias.

Tabela 68 – Procedimento para definição da prioridade de Intervenção da cobertura do Bloco “E”.

EFM	Anomalia	Agressividade do meio		Extensão	
		Nível	Pontuação	Nível	Pontuação
Estrutura de suporte (apenas laje descoberta)	A-E 2	Médio	2	Alto	3
	A-E 3	Médio	2	Alto	3
	A-E 5	Médio	2	Médio	2
Anomalias no sistema de remates	A-S 1	Médio	2	Reduzido	1
Anomalias Sistema de drenagem (calhas e tubos de queda)	A-D 1	Médio	2	Reduzido	1

Tabela 69 – Continuação da Tabela 68.

Anomalia	Nível de Degradação		Severidade das anomalias		P _{ponderado}	P _{intervenção}	Prioridade de Intervenção
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação			
A-E 2	2	3	B	2	25	61%	3
A-E 3	2	3	C	3	29	71%	3
A-E 5	2	3	C	3	27	66%	3
A-S 1	1	2	B	2	18	44%	2
A-D 1	0	1	B	2	15	37%	1

6.1.4 Prioridade de Intervenção das Anomalias no Bloco “R”

Na Tabela 70 a seguir, são apresentadas as anomalias existentes no Bloco “R”, em forma de tabela com a indicação da sigla e descrição, conforme o item 4.1.1 da metodologia e as tabelas do Anexo I.

Tabela 70 - Identificação das anomalias existentes no Bloco “R” para Prioridade de Intervenção.

EFM	SIGLA ANOMALIA	DESCRIÇÃO
Anomalias em revestimento (Telhado)	A-R 4	Acumulação de detritos e sujeidade superficial
	A-R 8	Diferença de tonalidade
Estrutura de suporte (apenas laje descoberta)	A-E 2	Fissuração
	A-E 3	Sujeidade superficial e acumulação de detritos
	A-E 5	Desagregação
Anomalias no sistema de remates	A-S 7	Acumulação de vegetação parasitária
Anomalias no sistema de drenagem	A-D 3	Acumulação de água
	A-D 4	Fraca inclinação

A seguir, nas Tabelas 71 e 72 são apresentados os procedimentos para definição da prioridade de intervenção das anomalias.

Tabela 71 – Procedimento para definição da prioridade de Intervenção da cobertura do Bloco “R”

EFM	Anomalia	Agressividade do meio		Extensão	
		Nível	Pontuação	Nível	Pontuação
Anomalias em revestimento (Telhado)	A-R 4	Médio	2	Alto	3
	A-R 8	Médio	2	Médio	2
Estrutura de suporte (apenas laje descoberta)	A-E 2	Médio	2	Alto	3
	A-E 3	Médio	2	Alto	3
	A-E 5	Médio	2	Médio	2
Anomalias no sistema de remates	A-S 7	Médio	2	Alto	3
Anomalias Sistema de drenagem (calhas e tubos de queda)	A-D 3	Médio	2	Alto	3
	A-D 4	Médio	2	Médio	2

Tabela 72 – Continuação da Tabela 71.

Anomalia	Nível de Degradação		Severidade das anomalias		P _{ponderado}	P _{intervenção}	Prioridade de Intervenção
	Nível	Pontuação	Nível	Pontuação			
A-R 4	0	1	C	3	23	56%	2
A-R 8	0	1	A	1	13	32%	1
A-E 2	3	4	C	3	32	78%	3
A-E 3	2	3	B	2	25	61%	3
A-E 5	2	3	C	3	27	66%	3
A-S 7	3	4	B	2	28	68%	3
A-D 3	3	4	C	3	32	78%	3
A-D 4	3	4	B	2	26	64%	3

6.1.5 Análise da inspeção dos sistemas de cobertura Bloco “E” e “R”

6.1.5.1 Bloco “E”

Ressalta-se que os critérios de agressividade do meio, extensão, nível de degradação e severidade das anomalias foram atribuídos a cada uma das anomalias de acordo com o observado na vistoria externa.

A Figura 57 a seguir, exemplifica a Análise da prioridade de intervenção por Elementos Fontes de Manutenção (EFM), destacando que os maiores níveis de prioridade de intervenção concentraram-se na Estrutura de suporte (apenas laje descoberta), estando categorizada no nível 3 com a faixa de prioridade de intervenção de 61 a 71%.

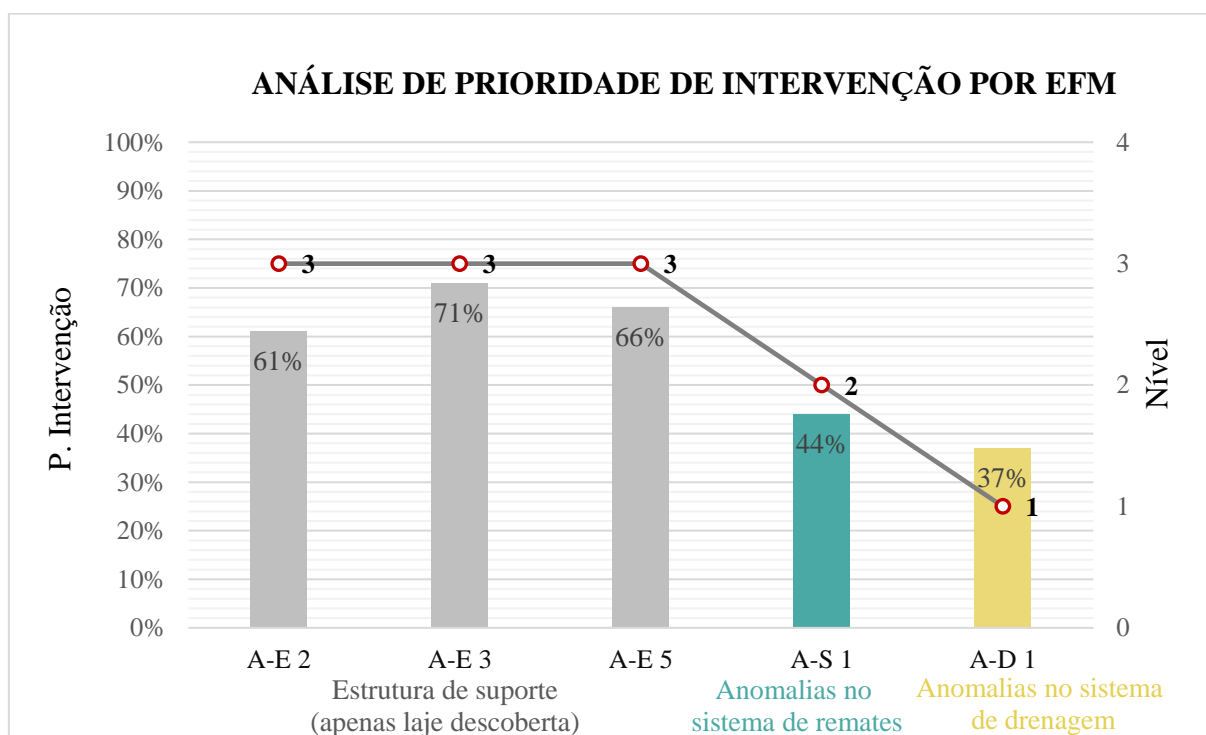


Figura 57- Análise da prioridade de intervenção por EFM.

As ações encontradas de nível 1 (ações sem urgência) e as ações de nível 2 (ações de médio prazo – 2 a 5 anos com necessidade de monitoramento), são ações sem necessidade de reparo imediato. Estão presentes no sistema de drenagem e no sistema de remates.

Pelos níveis de prioridade exemplificado na Figura 58, a maior parte dos problemas encontra-se no nível 3 (71%), ou seja, corresponde a ações de curto prazo (1 a 2 anos). Há de se preocupar com as manifestações deste critério encontrados na estrutura de suporte (apenas

laje descoberta), cujas anomalias são; fissuração, sujidade superficial e acumulação de detritos e desagregação.

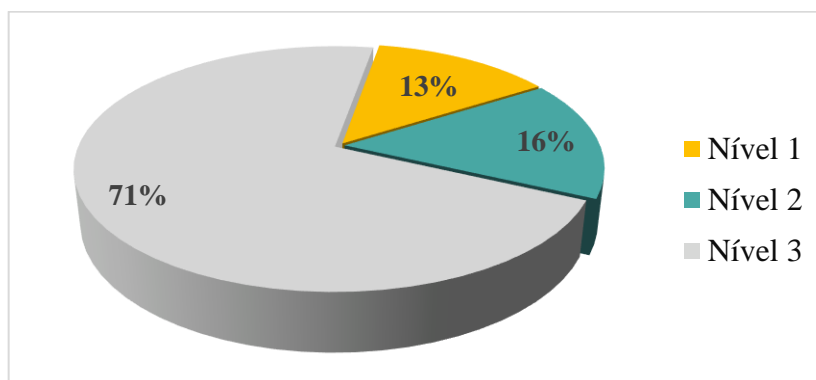


Figura 58 - Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “E”.

Como dito no diagnóstico, os problemas de desagregação e fissuração estão provavelmente relacionados ao empoçamento de água da chuva e a incorreta inclinação da proteção mecânica, responsável pelo escoamento da água até aos dutos de captação, também deve ser levado em consideração que o próprio envelhecimento do material aplicado pode provocar a sua fissuração. No critério de prioridade de intervenção acima, tais manifestações concentraram-se no nível 3, que requer ações de curto prazo, e não imediatas caso fossem de nível 4, o que é explicado por estes problemas não serem de grande extensão e sua severidade não ser tão acentuada a ponto de significar riscos mais graves aos usuários. Porém, recomenda-se que estes problemas sejam analisados e solucionados por equipes de manutenção tão logo possível, para que não desencadeiem possíveis infiltrações e maiores problemas com o sistema de cobertura.

A resolução destes problemas seria de extrema importância para restabelecer os seus níveis de desempenho e segurança.

6.1.5.2 Bloco “R”

Assim como para o Bloco “E”, ressalta-se que os critérios de agressividade do meio, extensão, nível de degradação e severidade das anomalias foram atribuídos a cada uma das anomalias de acordo com o verificado na vistoria externa.

Demandam ações de médio prazo – nível 2 (2 a 5 anos com necessidade de monitoramento) as manifestações relacionadas a acumulação de detritos e sujeidade superficial, mas podem evoluir para degradações mais severas com o tempo. Estas anomalias encontram-se presentes por todo o telhado de fibrocimento e com isso diminui seu tempo de vida útil, principalmente se não realizado as manutenções de limpeza, como percebe-se atualmente.

A situação que não requer qualquer ação com urgência, nem monitoramento é o nível 1, sendo esta a diferença de tonalidade do telhado, o que é justificável, visto que não se encontra por toda a extensão e nem há sinais de degradação, sequer superficial. Por meio da Figura 59, fica claro perceber a análise de prioridade de intervenção com relação ao nível pelos EFM.

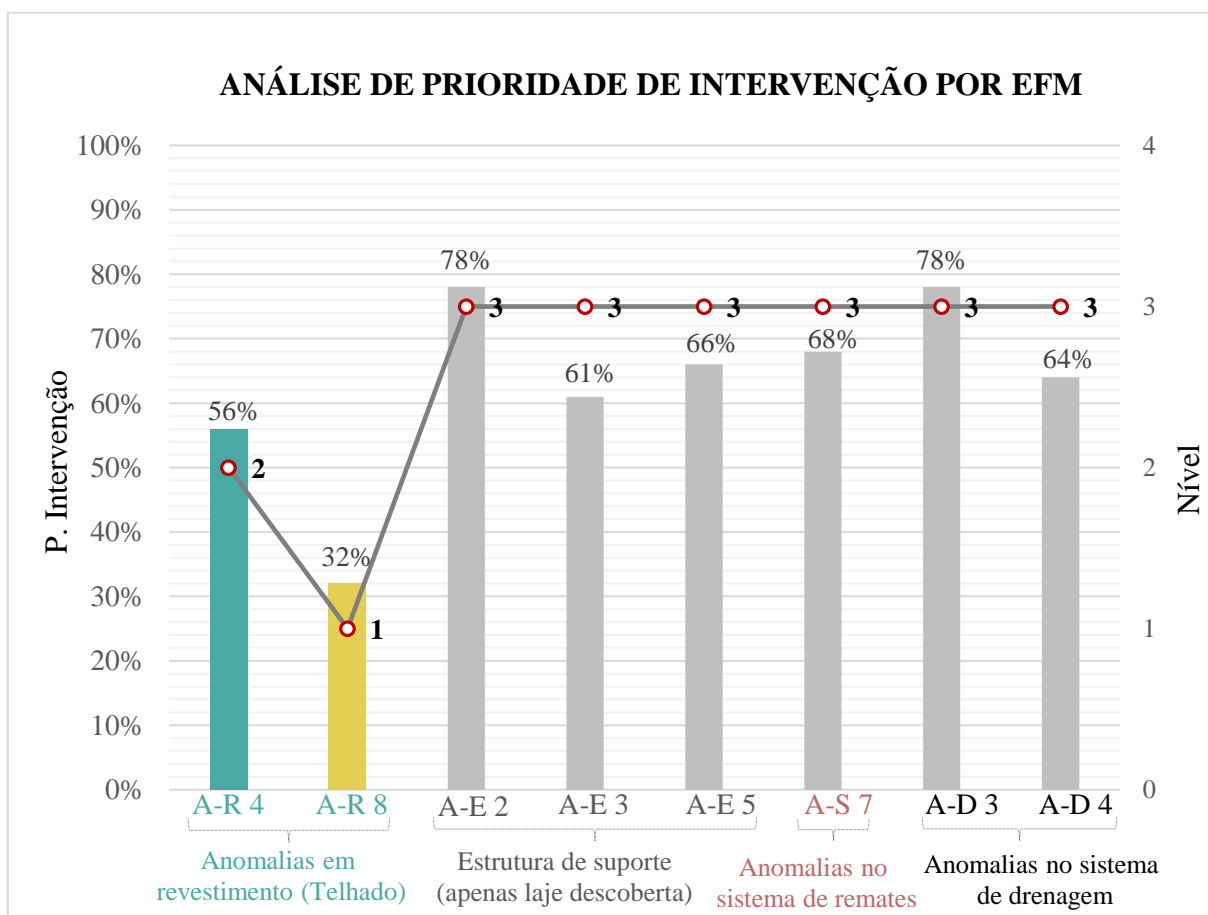


Figura 59 – Análise da prioridade de intervenção por EFM.

Percebe-se que a Estrutura de suporte, as Anomalias no sistema de remates e as Anomalias no sistema de drenagem apresentaram os maiores Níveis de Prioridade de intervenção. Isto significa que para o nível 3 encontrado nos EFM resultou em uma Prioridade de Intervenção na faixa de 61% a 78%.

Na Figura 60 é apresentado um gráfico com a distribuição dos níveis de prioridade de intervenção. Vale destacar que nível 3 são anomalias que precisam de ações a curto prazo (de 1 a 2 anos), apresentando 83% das anomalias, sendo a presença de fissuração na proteção mecânica, sujidade superficial e acumulação de detritos por toda a laje, desagregações, acumulação de vegetação parasitária, acumulação de água e a fraca inclinação das calhas.

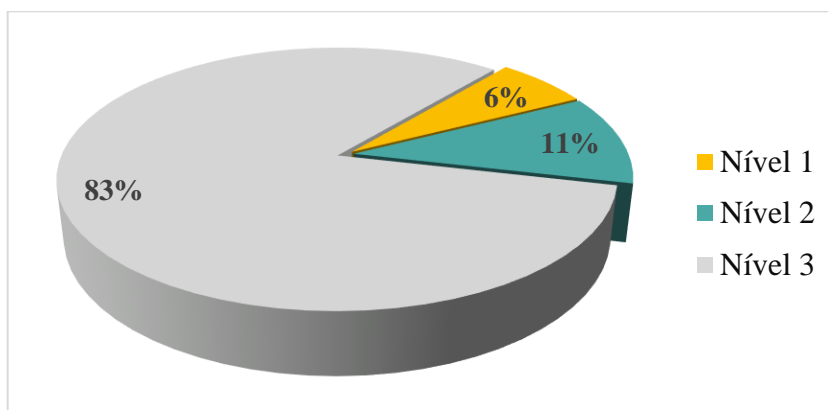


Figura 60 – Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “R”.

Tal como referido, a sujidade superficial, acumulação de detritos e vegetação parasitária evidentes na cobertura analisada está interligada e associada a uma manutenção deficiente, uma vez que a edificação não possui um plano de manutenção. No entanto, a fraca inclinação do sistema de drenagem, a execução incorreta do elemento e as ações ambientais (ventos fortes, ação biológica e poluição atmosférica) podem provocar, conseqüentemente, o aparecimento deste tipo de anomalias.

Como esperado, a maior frequência de anomalias detectadas tanto no Bloco “E” quanto no “R” se concentraram na estrutura de suporte, sendo esta apenas a laje descoberta (Figura 61), totalizando 52% das anomalias encontradas nos dois blocos, sendo estas; fissuração, sujidade superficial e acumulação de detritos e desagregação. Em seguida, são identificadas as anomalias no Sistema de drenagem com 23%, no Sistema de remates com 14% e no Revestimento do telhado 11%.

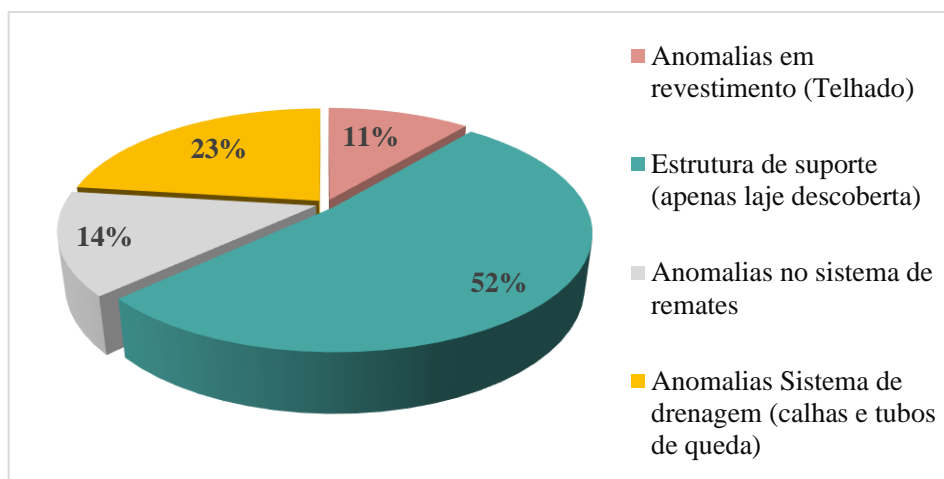


Figura 61 – Contribuição relativa de cada grupo de anomalias nas coberturas do Bloco “E” e Bloco “R”.

As recomendações técnicas serão descritas brevemente, uma vez que não é o foco deste trabalho, a laje descoberta (manta e proteção mecânica) passou do seu período de vida útil, no qual é de cinco anos, sendo este o tempo da garantia dada pela empresa que realiza o reparo.

De acordo com Morgado (2012) recomenda-se para as Fissurações (A-E 2) a reparação dos elementos afetados com a utilização de produtos elásticos e ligantes no assentamento e no fechamento das fissuras. Para a sujidade superficial e acumulação de detritos (A-E 3), recomenda-se a limpeza com água corrente e um solvente neutro ou escovagem manual. A acumulação de detritos e sujidade superficial (A-R 8) recomenda-se a limpeza com jato de água com ou sem abrasivos, escovagem manual, jato de ar comprimido e aplicação de produtos químicos como anti-fungicidas, evitando assim o aparecimento de vegetação parasitária e a degradação do sistema. Para a diferença de tonalidade (A-R 8), recomenda-se a limpeza dos elementos afetados, caso verifique necessário, substituição dos elementos danificados por outros com maior resistência a agentes atmosféricos. Já para a acumulação de vegetação parasitária (A-S7), recomenda-se a limpeza e intervenções ligeiras, com escovagem manual e solventes apropriados, além de produtos químicos anti-fungicidas.

A anomalia de acumulação de água (A-D 3) recomenda-se a substituição dos elementos afetados por meio de intervenções profundas. E para a fraca inclinação (A-D 4) a substituição das caleiras ou aumento da inclinação.

6.1.6 Considerações finais do item

Nos dois Blocos que foram realizados a vistoria, apresentaram o mesmo nível de prioridade de inspeção por EFM, nível 3 o que corresponde a ações de curto prazo (1 a 2 anos).

Como era o esperado e em ambos os sistemas, as anomalias concentraram-se na estrutura de suporte (apenas laje descoberta). A repetição dos problemas em comum apresentados em ambos os sistemas foram a desagregação, fissuração e sujidade superficial.

6.2 AVALIAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA

Nas Tabelas 73 e 74 a seguir é apresentado os resultados encontrados para as exigências funcionais dos sistemas de cobertura do Bloco “E” e “R”.

Tabela 73 – Aplicação das exigências funcionais dos sistemas atuais

Exigências Funcionais dos Atuais Sistemas		Bloco “E”			Bloco “R”		
Exigências	Requisitos	Atendimento			Atendimento		
		1 Sim	0 Não	-1 NAP	1 Sim	0 Não	-1 NAP
Exigências de Segurança	Segurança Estrutural	1			1		
	Segurança contra incêndios	1			1		
	Segurança contra intrusões	1			1		
	Peso (%)	87	-	-	87	-	-
Exigências de habitabilidade	Estanqueidade à água	1				0	
	Controle higrotérmico		0			0	
	Conforto acústico	1			1		
	Conforto visual	1			1		
	Aspecto	1				0	
	Geométricas e de estabilidade dimensional	1			1		
	Peso (%)	86,77	1,07	-	33,67	54,33	-

Tabela 74 – Continuação da Tabela 73.

Exigências de durabilidade	Conservação das características dos materiais		0			0	
	Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	1				0	
	Peso (%)	1	97	-	-	98	-
Exigências de economia	Processo construtivo	1			1		
	Ambiental	1				0	
	Limitação de custo global	1			1		
	Peso (%)	86	-	-	84,9	1,1	-

Para a aplicação da metodologia foi utilizado a descrição presente no Anexo B.2, sendo análises de verificação do Sim e Não, assim como a determinação das pontuações de cada subcategoria. A avaliação considerou a análise do sistema como um todo.

Cabe destacar que as exigências de segurança de ambos os sistemas não apresentaram resultados negativos nas análises de verificação do Sim e do Não, por isso obtiveram o peso total da categoria. Os sistemas de coberturas apresentarem materiais com um nível satisfatório de segurança estrutural, contra incêndios e contra intrusões, o acesso da cobertura para o interior do 9º pavimento é dificultado por portas e trancas e pelo fato do sistema ser composto por laje, a propagação do fogo também é dificultada.

As exigências de habitabilidade não foram satisfatórias no Bloco “E” apenas no Controle Higrotérmico, uma vez que a partir dos cálculos realizados no item 6.3.1, não atenderam aos parâmetros do RTQ-C:2010. Como já explicado, este é o regulamento que apresenta os valores mínimos de atendimento aos requisitos térmicos para edifícios de escritórios. Já o Bloco “R” apresentou três resultados não satisfatórios, o primeiro ligado a estanqueidade à água, por ter apresentado pontos de infiltrações na proteção mecânica da cobertura. Também não atendeu ao controle higrotérmico após as análises realizadas no item 6.3.1, e por fim, o Aspecto, por não apresentar uniformidade de cor das telhas de fibrocimento.

Para as exigências de durabilidade, o requisito Conservação das características dos materiais não atenderam tanto no Bloco “E” quanto no Bloco “R” por apresentar problemas de fissuras e desagregações na proteção mecânica da laje impermeabilizada. O requisito de

Limpeza, manutenção e reparação teve resultados satisfatórios Bloco “E”, mas no Bloco “R” não possui nenhuma característica da realização do procedimento de limpeza.

As exigências de economia possuem um fator importante a ser descrito. Por se tratar de edificações públicas, como informado pela Engenheira responsável, qualquer compra realizada passa por um processo de licitação, assim como também custos referentes a mão-de-obra. O Bloco “E” teve todos os requisitos positivos, lembrando que o telhado em chapas de zinco pode ser reciclado completamente sem perder suas propriedades físicas e químicas. Para o Bloco “R”, o telhado em fibrocimento possui em sua composição o amianto, seus resíduos são classificados como perigosos e capazes de causar riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Uma vez que, podem suportar altas temperaturas e não sofrer alterações químicas nessas condições, conforme apresentado por Marques, Gomes e Kern (2016).

Assim como dito na metodologia, após a aplicação dos requisitos e exigências funcionais foi considerado como atendimento os sistemas que obtiverem entre 90% a 100% das quatro exigências de cobertura. Sendo assim, após a aplicação, tanto os sistemas atuais do Bloco “E” quanto do Bloco “R” não atenderam as exigências funcionais.

A partir dos resultados encontrados no item 6.1 deste trabalho, fica claro que o sistema de cobertura do Bloco “E” encontra-se em um melhor estado de conservação se comparado ao sistema do Bloco “R”. Isto também é observado a partir dos resultados encontrados na avaliação das exigências funcionais, Tabelas 75 e 76. Os resultados do Bloco “E” são melhores que o dos Bloco “R”, por consequência dos atuais materiais empregados e o seu estado de conservação.

Tabela 75 – Total de atendimento das exigências dos sistemas atuais

Categorias	Peso total	Pesos Distribuídos			
		BLOCO “E”		BLOCO “R”	
		Sim	Não	Sim	Não
Exigências de Segurança	87%	87%	-	87%	-
Exigências de Habitabilidade	88%	86,77%	1,07%	33,67%	54,33%
Exigências de Durabilidade	98%	1	97%	-	98%

Tabela 76 - Continuação da Tabela 75.

Categorias	Peso total	Pesos Distribuídos			
		BLOCO “E”		BLOCO “R”	
		Sim	Não	Sim	Não
Exigências de Economia	86%	86%	-	84,9%	1,1%
Total de Pesos	359%	260,77%	-	205,57%	-
Total de Atendimento		72,3%		57,3%	

6.2.1 Considerações finais do item

Por meio da aplicação dos requisitos funcionais, conclui-se que o Bloco “E” apresentou melhores resultados quando comparado com o Bloco “R” pelo seu estado de conservação. Além do mais, o Bloco “E” possui uma configuração do uso da cobertura diferente, com as duas águas do telhado finalizando diretamente nas calhas de concreto, enquanto que no Bloco “R” é possível transitar pelas laterais da proteção mecânica pela região central da cobertura. Os sistemas encontrados nos Blocos se diferem pelo tipo de telhado utilizado, o que implica nas questões ambientais e na durabilidade. Percebeu-se uma maior preocupação com a manutenção no Bloco “E”, pelos sinais de limpeza encontrado em algumas áreas da proteção mecânica.

6.3 DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA

Neste item são apresentados os resultados e avaliações do desempenho térmico e acústico dos sistemas atuais.

6.3.1 Avaliação do desempenho térmico dos sistemas atuais

A Tabelas 77 apresenta os resultados das propriedades térmicas dos sistemas atuais de cobertura presentes nos Bloco “E” e Bloco “R”.

Tabela 77 – Avaliação das propriedades térmicas dos sistemas atuais de cobertura

Sistema da Cobertura ¹⁵		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o
BLOCO E	Chapa lisa de zinco (0,1cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente, Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente, Placa de gesso (1cm).	0,74	1,3	371,4	9:2	0,4	2,08
	Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente.	0,63	1,19	400	16:32	0,86	4,09
BLOCO R	Telha de fibrocimento (0,8cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente, Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente, Placa de gesso (1cm).	0,75	1,3	380,6	9:3	0,8	4,16
	Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm) fluxo descendente, Placa de gesso (1cm).	0,63	1,19	400	16:32	0,86	4,09
Parâmetros							
ABNT NBR 15575-5:2013	-	α ≤ 0,6	α > 0,6	-	-	-	-
		U ≤ 2,3	U ≤ 1,5				
ABNT NBR 15220:2005	-	U ≤ 2,00		CT ≥ 130	φ ≤ 3, 3	-	≤ 6,5
RTQ-C:2010	-	U ≤ 1,00		-	-	α < 0,50	-

¹⁵ RT – Resistência térmica total; U – Transmitância térmica; CT – Capacidade térmica; φ - Atraso térmico; α – Absortância; FS_o – Fator de ganho de calor solar de elementos opacos.

* Na calculadora de propriedades, o material Manta Betuminosa não se encontra nas opções para a montagem do sistema, por isso, foi utilizado como referência os valores das simulações realizadas para a Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética do Edifício Sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura – Bloco B conforme Cunha et al (2015).

* Os demais cálculos dos sistemas foram feitos por meio do método simplificado conforme a ABNT NBR 15220:2005.

* Valores de absortância para o componente Chapa Lisa de Zinco é de acordo com a ABNT NBR 15220:2005 e a absortância da Telha Betuminosa é de acordo com o estudo realizado por Coelho; Gomes; Dornelles (2017).

* Zona Bioclimática 3 a 8: U ≤ 1,00 W/m²K, para ambientes condicionados artificialmente RTQ-C:2010.

Por meio da Figura 62, é apresentado os resultados de absorção dos sistemas atuais presentes nos Blocos “E” e “R”. No eixo horizontal estão presentes os critérios da ABNT NBR 15575-5:2013 e do RTQ-C:2010, onde apenas o sistema constituído pela Chapa Lisa de zinco do Bloco “E” atende o regularmente que rege este trabalho. Portanto, os demais sistemas não atingiram o nível de absorção de 0,5 do RTQ-C:2010.

O telhado de fibrocimento apresenta 80% da radiação incidida absorvida, enquanto que apenas 20% é refletida. Já a manta betuminosa com a proteção mecânica possui 86% da radiação que é incidida absorvida e apenas 14% refletida. Isto se dá, por causa da cor presente nos materiais que aumentam os ganhos de calor, uma vez que são menos refletivas apresentando assim, maior potencial de absorção à radiação solar.

Estudos realizados por Moreno, Morais e Souza (2017) afirmam que os resultados encontrados pelos autores que cores claras nas paredes e coberturas e chapas de alumínio para coberturas oferecem melhor desempenho térmico. Sendo assim, o uso correto dos materiais, juntamente com uma boa estratégia de implementação que priorize os fatores específicos do local, são essenciais para proporcionar conforto e eficiência energética às edificações.

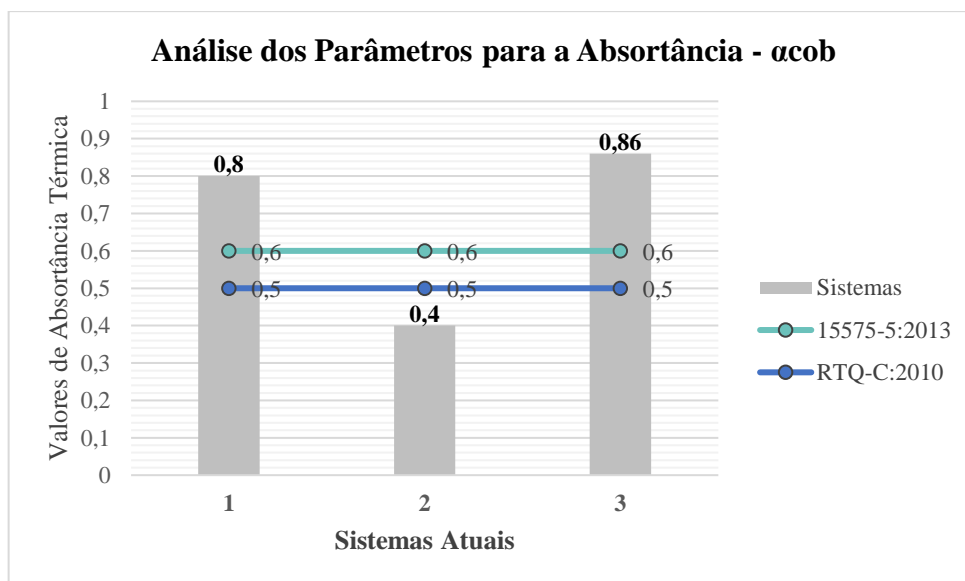


Figura 62 – Análise dos Parâmetros normativos de Absorção e os Sistemas atuais.

Os resultados encontrados na Figura 63, é do critério de Transmitância térmica, onde os três sistemas não atenderam ao RTQ-C:2010, neste caso, é necessário o uso de isolamento termoacustico visando a diminuição do fluxo de calor que atravessa a área unitária dos elementos. Se os sistemas fossem analisados conforme as normativas ABNT NBR 15575-

5:2013 e ABNT NBR 15220:2005 atenderiam. Lembrando que o valor apresentando de $2,3\text{W/m}^2\cdot\text{k}$ pela norma de desempenho é o nível mínimo de atendimento proposto.

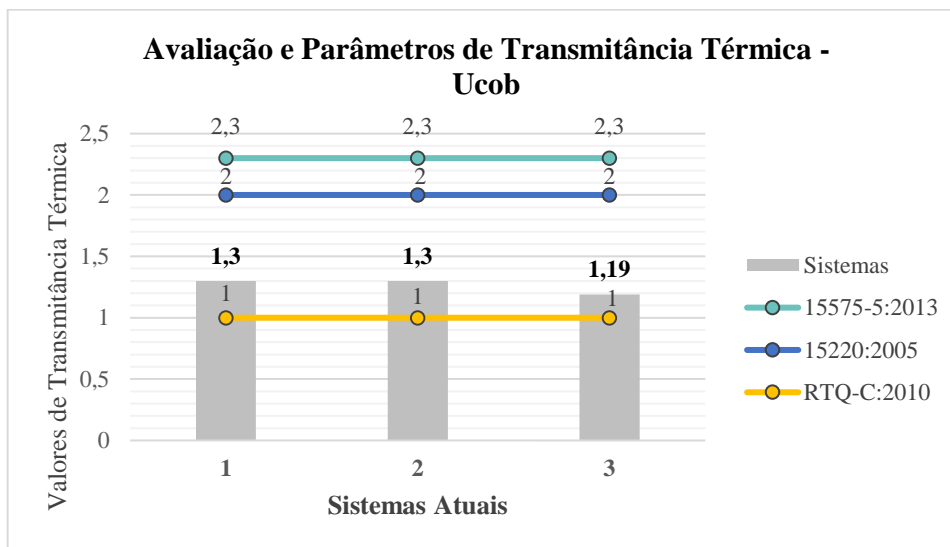


Figura 63 – Análise das três normativas brasileiras e os Parâmetros para Transmitância Térmica para os Sistemas atuais.

Na Figura 64 é realizado uma comparação com os níveis de desempenho para a Transmitância Térmica presentes na norma de desempenho ABNT NBR 15575-5:2013 com os valores encontrados nos três sistemas atuais. Percebe-se que se estes sistemas fossem considerados em residências, atenderiam aos requisitos Mínimo e Intermediário, mas não ao Superior. Uma vez que, o valor Superior é o requisito de atendimento da Transmitância do RTQ-C:2010.

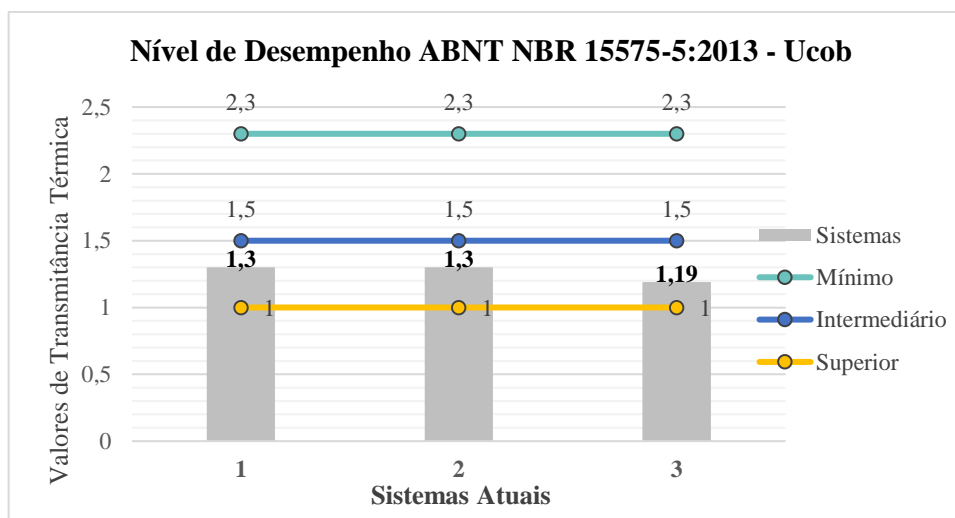


Figura 64 - Análise dos Níveis de desempenho de Transmitância Térmica e os Sistemas atuais.

Os resultados encontrados pelos Sistemas presentes nos Blocos “E” e “R” Atraso Térmico em horas apresentaram resultados insatisfatórios considerando que a ABNT NBR 15220:2005 estabelece o limite de $\phi \leq 3,3$, para coberturas presentes na Zona bioclimática 04 – que segunda a norma devem ser Leve e isolada.

Cabe uma reflexão a este critério, considerando o valor de $\phi \leq 3,3$, a ABNT NBR 15220:2005 traz como exemplo um sistema composto por chapas de fibrocimento com forro de pinus e câmara de ar ventilada, apresentando os seguintes resultados: RT- 0,28m².K/W; CT- 18KJ/m².K; U- 2,00 W/m².K; ϕ - 0,9 horas e FS_o – 4,0. Se analisar este sistema composto que atende ao Atraso térmico, ele não atende a capacidade térmica, sendo, portanto, a propriedade que determina se o material retém mais ou menos calor, e neste caso o material não contribui em termos de inércia térmica. Portanto, este item não pode ser aplicado como parâmetro para avaliação deste trabalho.

Tratando-se de que a intenção deste trabalho é propor sistemas de cobertura que se adeque a estrutura existente, deve ser considerado a laje e o forro de gesso existente. Conforme simulações realizadas pela plataforma *Projeteee* os sistemas atuais só atenderiam este requisito caso retirassem a laje maciça, obtendo o resultado de ϕ - 0,9 horas. Mas cabe salientar que os demais requisitos não atenderiam a nenhum dos outros parâmetros da ABNT NBR 15220:2005 e nem do RTQ-C:2010, pois os valores apresentados são: RT – 0,46m².K/W; CT – 20,6m².K/W e U – 2,2 W/m².K.

6.3.2 Avaliação do desempenho acústico dos sistemas atuais

Primeiramente foi identificado através da norma ABNT NBR 10151:2019 os limites de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período, caracterizando o nível do ruído externo dos Blocos da Esplanada dos Ministérios, interpretando que eles se localizam em “Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas”. Sendo assim, o ruído externo pode variar de 60 a 65dB conforme descrito nos parâmetros da Tabela 78 e 79. A tabela completa encontra-se no item 3.4.3.1 da revisão bibliográfica deste trabalho (Tabela 18).

Logo em seguida é determinado pela norma da ABNT NBR 10152:2017 os níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações de acordo com suas finalidades de uso. Para as atividades de escritórios, considerando que o objeto de estudo são os edifícios dos

Ministérios – Escritórios coletivos (*open plan*), a norma estabelece valores de 45 a 50dB internamente. Se tratando da cobertura, é considerado para o ensaio o último pavimento da edificação, a tabela abaixo também apresenta tal parâmetro. Vale ressaltar que nas Tabelas 19 e 20 da revisão bibliográfica encontra-se uma versão resumida apenas para escritórios, uma vez que a tabela completa está descrita no item 10 da norma.

Com os valores de referência das normas ABNT NBR 10151:2019 e ABNT NBR 10152:2017, caracterizando os valores de 60dB para o ruído externo e 45dB para o ruído interno, a cobertura externa do bloco tem que atenuar 15dB. As simulações foram desenvolvidas para os três tipos de sistemas construtivo presente nos edifícios dos Ministérios, conforme a metodologia de cálculo da 12354-3:2000. Os resultados obtidos de atenuação para todos os três sistemas do Bloco “E” e “R” são satisfatórios. O Bloco “E” apresentou uma atenuação de 50,2dB para o sistema composto pela Chapa lisa de zinco, já o Bloco “R” 46,2dB. O sistema composto pela Manta Betuminosa em ambos os Blocos obteve uma atenuação de 45,2dB. Os resultados das atenuações foram satisfatórios e acima do esperado.

Tabela 78 – Avaliação das propriedades acústica dos sistemas atuais de cobertura

DESEMPENHO ACÚSTICO DE RUÍDO AÉREO EM COBERTURAS		
ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS – BLOCO E		
Local avaliado: 9º pavimento do Bloco E – Esplanada dos Ministérios		
Área do ambiente: 1488m ²		
Pé direito: 2,50m		
Volume: 3705,12m ³		
Sistema da Cobertura	Sistema deve atenuar	D_{2m,nT,w} (dB)
Chapa lisa de zinco (0,1cm), Câmara de ar (>5cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm), Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	50,2
Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm)	60 – 45 = 15dB	45,2
ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS – BLOCO R		
Local avaliado: 9º pavimento do Bloco R – Esplanada dos Ministérios		
Área do ambiente: 1488m ²		
Pé direito: 2,50m		
Volume: 3705,12m ³		

Tabela 79 – Continuação da Tabela 78.

Sistema da Cobertura	Sistema deve atenuar	$D_{2m,nT,w}$ (dB)
Telha de fibrocimento (0,8cm), Câmara de ar (>5cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm), Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	46,2
Manta betuminosa + Proteção mecânica (3cm), Laje maciça (15cm), Câmara de ar (>5cm), Placa de gesso (1cm)	60 – 45 = 15dB	45,2
PARÂMETROS		
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	ABNT NBR 10151:2019	
RL_{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	Período diurno	Período noturno
	60	65
Escritórios coletivos (<i>open plan</i>)	ABNT NBR 10152:2017	
Valores de referência	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)
	45	50

A ABNT NBR 15575-5:2013 estabelece limites de isolamento acústico ao ruído aéreo, assim define níveis de desempenho informativos, Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S) que proporcionam um maior conforto. Na Figura 65 é apresentado os resultados de atenuação encontrados nos três sistemas atuais e comparados com 4 situações normativas.

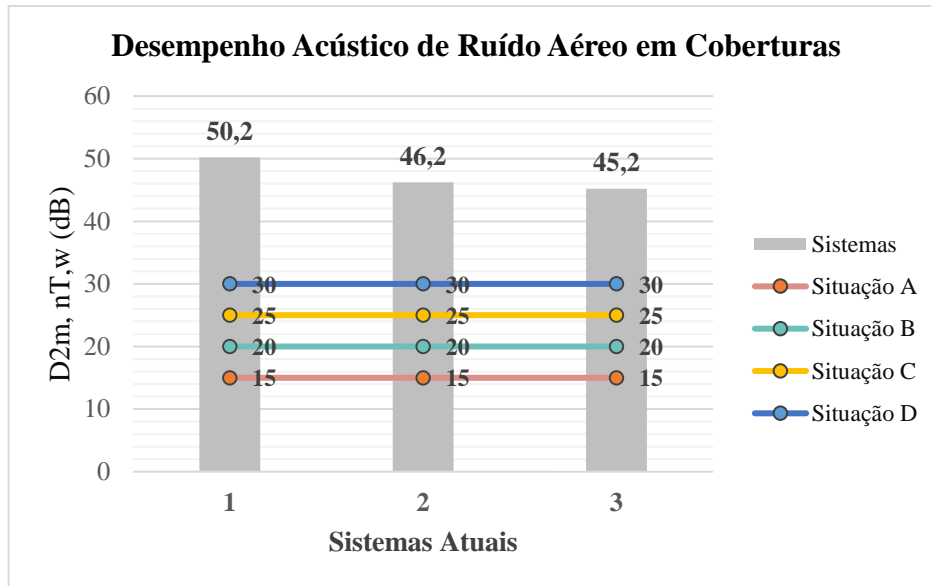


Figura 65 - Análise de atenuação dos Sistemas atuais e Parâmetros normativos.

No eixo vertical são apresentados os valores dos três sistemas atuais dos Blocos “E” e “R”, e no eixo horizontal as quatro situações a serem discutidas. As simulações foram feitas a partir do método simplificado, com a adoção dos valores descritos na ABNT NBR 10151:2019 – Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas. A Situação A exige uma atenuação de 15dB, conforme os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2010 ambiente externo - 60dB e a ABNT NBR 10152:2017 ambiente interno – 45dB. As Situações B, C e D são parâmetros mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-5:2013.

A relação a ser apresentada é conforme os resultados da Norma de Desempenho e as Classes de Ruído definido no Manual da ProAcústica (PIERRARD et al., 2017). A Situação B é correspondente ao valor mínimo de atenuação para o ambiente localizado na Classe de Ruído I, com o valor de atenuação de ≥ 20 dB, cujo Nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} corresponde até 60dBA.

Para a Situação C é considerada a Classe de Ruído II, com o valor de atenuação de ≥ 25 dB, cujo Nível de pressão sonora corresponde de 60 a 65 dBA. E por fim, a Situação D corresponde a Classe de Ruído III, já considerada uma habitação sujeita ao ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas com valore de atenuação de ≥ 30 dB, corresponde ao Nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} de 65 a 70 dBA.

Portanto, considerando os valores de atenuação encontrados para os atuais sistemas, percebe-se que todos atenderiam as três legislações relacionadas ao desempenho. Para os

Sistemas B, C e D foi considerado apenas o desempenho mínimo conforme a norma de desempenho, mas ao comparar com o nível superior para as Classes de Ruído I, II e III, todos os três sistemas também atenderiam. As Tabelas 16 e 17 presentes na revisão deste trabalho apresenta tal afirmação.

6.3.3 Considerações finais do item

Com relação ao desempenho térmico dos sistemas atuais, o único que apresentou resultado satisfatório no critério de absorvência conforme o parâmetro RTQ-C:2010 foi o sistema do Bloco “E” pela a atualização do telhado de Chapa Lisa de Zinco, absorvendo 40% da radiação incidente, porém, nenhum dos dois sistemas atenderam ao critério de transmitância térmica.

Cabe o comparativo com os resultados encontrados de transmitância térmica e de resistência térmica, uma vez que são inversamente proporcionais. Os sistemas que apresentaram maiores valores na resistência térmica por consequência, obtiveram menores valores de transmitância térmica, pois menor é a quantidade de calor que perde no sistema quando atravessado. Quanto menor o valor encontrado na transmitância térmica, terá então uma superfície bem isolada, esse valor permite conhecer o nível de isolamento térmico em relação à porcentagem de energia que atravessa o sistema.

Com relação ao desempenho acústico, a utilização da laje maciça de concreto é principal elemento atenuador dos sistemas. A cobertura não se torna um problema na acústica desde que tenha laje, o problema principal é na fachada (existência de frecha e flancos), paredes e ruído de impacto em lajes.

6.4 AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÃO DO TOMBAMENTO DOS SISTEMAS ATUAIS DE COBERTURA

Foram realizados diversos contatos com o Iphan para o esclarecimento de dúvidas e montagem da metodologia. A intenção deste trabalho é a elaboração de propostas que possam a vir a ser aplicadas respeitando as ações e limitações, e não a execução de um projeto de intervenção no Bem tombado.

Neste item será tratado sobre as ações que podem ser realizadas na modificação da cobertura dos sistemas do Bloco “E” e “R”. As ações são constituídas por 3 tópicos; Recuperação/Manutenção, Modificação Parcial e Modificação Total.

Para o Bloco “E” aplica-se a ação a Modificação Total, com a substituição de toda a impermeabilização, justificada pelas análises de intervenção realizada no item 6.1 deste trabalho. Foi apresentado por meio das análises realizadas a prioridade de intervenção nível 3, ou seja, corresponde a ações de curto prazo (1 a 2 anos), uma vez que a impermeabilização existente já passou do tempo de garantia de 5 anos.

O Bloco “R” aplica-se mais de uma opção para a ação de modificação. Para o telhado existente deve ser realizado a Reparação/Manutenção através da Limpeza das sujidades superficiais, categorizada como nível 2 (ações de médio prazo – 2 a 5 anos com necessidade de monitoramento) nas análises de intervenções encontradas no item 6.1. É também considerado a ação de Modificação Parcial para o Reparo das calhas de concreto reforçando a impermeabilização e mantendo a inclinação e o Reforço de selante nas juntas. A Substituição de toda a impermeabilização também se torna necessária. Como apresentado no Bloco “E”, o Bloco “R” obteve o nível 3 de intervenção para todos os tipos de Modificação Parcial e Total citados acima.

De acordo com as ações de Modificação Total, o item de Propostas de novos sistemas para o tratamento de cobertura é encontrado no site do PBE Edifica, juntamente com o INMETRO e o Procel para a Etiquetagem de Edificações Públicas. O item estabelece diretrizes de propostas para promover a Etiquetagem PBE Edifica em edificações públicas através de *Retrofit* e considera para a Envoltória a implementação de soluções para o tratamento da cobertura, como: isolamento térmico, teto jardim, pinturas especiais em cor clara, preferencialmente branca. A partir disso, fica claro que deve ser realizado intervenções visando a Etiquetagem, mas dentro das limitações apresentadas para edificações públicas.

6.5 ANÁLISES DAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS PROPOSTOS

Para a avaliação destes sistemas foi levado em consideração a aplicação de novos materiais, mantendo apenas a laje maciça de concreto e o forro de gesso. Uma vez que a avaliação de desempenho térmico e acústico é realizada de todo o sistema para a obtenção dos resultados e comparação com os parâmetros assim estabelecidos.

Na Tabela 80 é apresentado os resultados provenientes da aplicação das exigências funcionais dos novos sistemas de cobertura para os edifícios dos ministérios.

Tabela 80 - Aplicação das exigências funcionais para os novos sistemas

Exigências Funcionais para os Novos Sistemas															
Subcategorias	S1			S2			S3			S4			S5		
	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1
<i>1.1- S.E.</i>	1			1			1			1			1		
<i>1.2- S.C.I.</i>	1			1			1			1			1		
<i>1.3- S.C.I.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	87	-	-	87	-	-	87	-	-	87	-	-	87	-	-
<i>2.1- E.A.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.2- C.H.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.3- C.A.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.4- C.V.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.5- A.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.6- G.E.D.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	88	-	-	88	-	-	88	-	-	88	-	-	88	-	-
<i>3.1- C.C.M.</i>	1			1			1			1			1		
<i>3.2- L.M.R.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	98	-	-	98	-	-	98	-	-	98	-	-	98	-	-
<i>4.1- P.C.</i>	1			1			1			1			1		
<i>4.2- A.</i>		0		1			1			1			1		
<i>4.3- L.C.G.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	84,9	1,1	-	86	-	-	86	-	-	86	-	-	86	-	-

* 1-Sim; 0 - Não; -1 Não se Aplica (NAP).

Para a aplicação dos requisitos funcionais nos novos sistemas, também foi considerado as análises do sistema como um todo, e utilizado o Anexo B.2 para análises de verificação do Sim e do Não. Serão realizadas algumas análises a respeito das pontuações empregadas às subcategorias.

Na exigência de segurança, os sistemas que apresentaram uma maior preocupação quando avaliados a subcategoria de segurança, foram o Sistema 01 e 02. O sistema 01 apresenta

uma carga aproximadamente de 15kg/m² conforme dados apresentados por Solar (2019), já utilizado no Ministério de Minas e Energia composto por 192 módulos apoiados em bases de concreto hexagonal de 7cm, com base em um projeto realizado pela equipe de instalação, uma vez que utilizou-se cola para a fixação das bases na laje.

No entanto, para a aplicação do sistema 02, caracterizado como telhado verde Semi-intensivo de acordo com a ANSI (2017). Entretanto, coube uma pesquisa na norma ABNT NBR 6120:2018, na Tabela 10 da norma é descrito que Jardins devem ter uma carga uniformemente distribuída de 100kgf/m² sem a possibilidade de acesso de pessoas (somente acesso de manutenção) ou 300kgf/m² com a possibilidade de acesso.

Categorizando os sistemas 01 e 02 apresentados, fica claro que o uso da placa fotovoltaica no quesito de sobrecarga estrutural possui uma carga menor comparado ao telhado verde.

A subcategoria de Segurança contra incêndios, e as características dos materiais empregados nos Sistemas 01, 02, 03, 04 e 05 serão descritos a seguir. O sistema 01 apresenta como isolante termoacústico a Lã de vidro, este material é feito de fibra de vidro reciclado e areia, sendo incombustível, ou seja, não contribui para espalhar chamas e alimentar focos de incêndio, resistindo a temperaturas até 800°C.

O sistema 02 deve ser projetado conforme o método *ANSI/SPRI VF-1 – Extrenal Fire Design Standard for Vegetation Roofs* (2017) atendendo aos tipos de materiais que devem a serem empregados a fim de evitar a propagação de incêndio e erosão provocado pelo vento. São utilizados elementos de corta-fogos quando os Sistemas de Cobertura Vegetativa encostam em superfícies verticais combustíveis e ao terminar em uma barreira de incêndio.

O sistema 03, composto por poliuretano é autoextinguível, sendo considerado não agravante para efeitos de cálculos de prêmios de seguro – classe R-1 (ABNT NBR 7358:2015).

O sistema 04 é composto por um polímero - poliestireno (EPS) e contém um agente expansivo. De acordo com Isoferés (2013), a partir de ensaios realizados identificaram claramente o comportamento do Poliestireno ao fogo quando usado como material de construção, não somente dependerá da natureza química, mas também, até certo ponto, do estado físico e a localização do material. Isso significa que não haverá combustão do material, quando ele estiver protegido por argamassa ou outro revestimento de construção, que impeça a chegada de oxigênio.

Portanto, tratando-se do sistema proposto, o EPS tem como proteção duas telhas metálicas. Assim como afirmado por Isoferés (2013), irá impedir em um primeiro momento a chegada do oxigênio até o material. Então, quando instalados corretamente, os produtos de poliestireno não representam risco específico de incêndio, além de que, podem ser aditivados com retardantes de chama.

Já o sistema 05 apresenta o isolante termoacústico lã de rocha, resistente a incêndios grandiosos e calor a temperaturas acima de 800°C.

A subcategoria referente a estanqueidade a água, deve ser avaliado se o sistema 01 apresenta uma boa impermeabilização da laje, uma vez que este sistema é fixado, sendo assim, a laje fica exposta a ação de intempéries. O sistema 02, deve ter suas camadas plásticas executada corretamente, evitando possíveis problemas com infiltrações.

Em relação ao conforto higrotérmico, acústico e visual, todos os cinco sistemas apresentaram resultados satisfatórios a partir dos cálculos realizados nos itens 6.6 e 6.7. Já a subcategoria de Conservação das características dos materiais e Limpeza, manutenção e reparação teve o atendimento de todos os cinco sistemas, desde que seja realizado as manutenções corretamente e dentro do tempo previsto para cada sistema. Vale destacar a manutenção do telhado verde, conforme a norma *ANS/SPRI VF-1* (2017) deve ser fornecida quando necessária para sustentar o sistema mantendo as plantas saudáveis, e o excesso de biomassa removido pelo menos duas vezes ao ano. A escolha da vegetação deve ser sempre espécies nativas ou facilmente adaptáveis que requerem menos irrigação.

Com relação a categoria de exigências de economia, a subcategoria de Processo construtivo obteve resultados satisfatórios quanto a resistência de transporte e armazenamentos. Porém, na subcategoria Ambiental apresentou resultados de não atendimento para um dos sistemas quando pesquisado o modo de exploração dos elementos dos novos sistemas e o nível de sustentabilidade no seu desenvolvimento.

O sistema 01 deixa de ser sustentável quando analisado a extração da sua principal matéria prima, o silício, extraído das jazidas de quartzo. O impacto sobre o meio biótico é a degradação visual da paisagem, e sobre o meio físico são pontuados: poluição da água pela mineração; desmonte de maciços rochosos e terrosos compactados; e emissão de poeiras e gases devido a perfuração de rochas; e sobre o meio socioeconômico os ruídos e vibrações devido ao desmonte de material consolidado. Portanto, a sustentabilidade ambiental de projetos de

produção do silício é fator crítico de sucesso, devendo ser estrategicamente tratada para que o meio ambiente possa ser beneficiado pelo uso da energia solar fotovoltaica.

A utilização de carvão para a redução do quartzo emite CO₂, e outras etapas do processo de purificação do silício necessitam de controle ambiental. Apesar da rota metalúrgica não utilizar os produtos tóxicos e corrosivos empregados na rota química, atenção ambiental especial deve ser dada a este setor produtivo (MEDEIROS; SHAYANI; MANGAS, 2009).

O sistema 02 necessita de uma grande quantidade de energia empregada na sua fabricação. Mas, de acordo com o estudo realizado por Tavares et al. (2014) três sistemas de telhados verdes tiveram índice de energia embutida e emissão de CO₂ menores do que as coberturas convencionais com laje pré-moldada, sendo, portanto, uma alternativa eficiente às coberturas de laje, do ponto de vista de menor impacto ambiental.

O sistema 03 apresenta o poliuretano como principal isolante termoacústico, e de acordo com Ecycle (2019) as matérias primas podem variar de acordo com a necessidade de aplicação, sendo o mais utilizado hoje o óleo de mamona e o polibutadieno. Uma das principais preocupações ambientais está no processo de descarte dos produtos que contêm poliuretano. Quando utilizado o petróleo em sua composição são plásticos, termorrígidos, seus fragmentos não podem ser derretidos e fundidos novamente para serem aproveitados em um material plástico do mesmo tipo.

No entanto, estudos realizados por Oliveira et al. (2010) descreve as vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha, com o intuito de reduzir a poluição ambiental. A indústria começou a estudar qual fim dar para tais resíduos, também vem sendo incorporados na construção civil para a fabricação de pistas de atletismo e pisos, por exemplo.

Portanto, percebe-se a preocupação através de estudos que vem sendo realizados a respeito da destinação final deste produto. Novas tecnologias também estão sendo estudadas, com a introdução de polímeros biodegradáveis, e uma justificativa para a utilização deste material, é o benefício atrelado ao desempenho do sistema.

O poliestireno expandido (EPS) também é um polímero resultante da polimerização do estireno em água, e possui variedades e formas de aplicação, estando presente no Sistema 04. Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido, em seu processo produtivo não se utiliza e nunca se utilizou o gás CFC ou qualquer um dos seus substitutos. Como agente expander para a transformação do EPS, emprega-se um hidrocarbureto que se deteriora

rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. Este sistema é 100% reciclável (ABRAPEX, 2019).

A Lã de Rocha presente no sistema 05, possui como matéria prima a fusão de rochas basálticas e fibras naturais, e de acordo com Biolã (2019) não causa danos ao meio ambiente. Existem no mercado brasileiro empresas que vem apresentando certificados e declarações ambientais do produto, uma delas é a Termolan, com declaração EPD EN 15804. Vale lembrar a importância da verificação da data de validade das declarações.

Com relação as telhas metálicas presentes nos Sistema 03, 04 e 05, foi realizado um estudo referente a Avaliação do Ciclo de Vida deste material e de acordo com Silva (2015) o maior impacto é causado pelo transporte, quando comparado e produzido pelo uso de energia elétrica para as fases de montagem e fim de vida da telha, uma vez que possui alto potencial em reciclagem. O carvão mineral foi identificado como o componente que mais contribui para os impactos causados ao meio ambiente em consequência da atividade de mineração, do trajeto feito da Austrália até o Brasil e do seu processo siderúrgico. Uma vez que os produtos possam ser reciclados, evidenciam vantagens geradas em função de produtos que eventualmente deixaram de ser consumidos em função da reciclagem (carga evitada).

As exigências de economia possuem um fator importante a ser descrito. Por se tratar de edificações públicas, como informado pela Engenheira responsável pelos Blocos, qualquer compra realizada passa por um processo de licitação, assim como também custos referentes a mão-de-obra.

A partir da Tabela 81, é possível fazer a relação do atendimento dos sistemas propostos para as análises. Foram considerados os sistemas que apresentaram resultados de 90% a 100%, sendo um critério especificado no item 4.1.2 na metodologia deste trabalho.

É notório que os sistemas S2, S3, S4 e S5 obtiveram 100% nos resultados, isso se dá pelo fato de serem sistemas que tem apresentado uma melhora crescente no mercado, se atentando aos critérios sustentáveis, de certificações, e ao desempenho do sistema, incluindo o conforto do usuário do espaço e de eficiência energética.

Tabela 81 - Total de atendimento das exigências para os sistemas propostos

Categorias	Peso total	Pesos Distribuídos (%)									
		S1		S2		S3		S4		S5	
		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Exigências de Segurança	87%	87	-	87	-	87	-	87	-	87	-
Exigências de Habitabilidade	88%	88	-	88	-	88	-	88	-	88	-
Exigências de Durabilidade	98%	98	-	98	-	98	-	98	-	98	-
Exigências de Economia	86%	84,9	1,1	86	-	86	-	86	-	86	-
Total de Pesos	359%	357,9%	-	359%	-	359%	-	359%	-	359%	-
Total de Atendimento		99,7%		100%		100%		100%		100%	

6.5.1 Considerações finais do item

As exigências funcionais de cobertura consistem em requisitos a impor a estes elementos para que desempenhem adequadamente as suas funções. Estes requisitos dependem não só da função essencial de proteção, mas também de funções específicas de tipologias de uso e de processos construtivos adotados.

O sistema 01 foi único sistema que não atendeu por completo as exigências funcionais pelo seu método de extração da sua matéria prima, o silício, como já explicado. Porém, apresenta vantagens na sua utilização, é um sistema que fabrica energia sustentável inesgotável e não gera resíduos e nem poluição, apresentando uma facilidade de instalação, necessitando que a manutenção seja realizada semanalmente de forma prática e simples, apenas sabão neutro e água.

As vantagens de utilização do sistema 02 é a redução da penetração da radiação eletromagnética, excelente atenuador de ruído, combate os efeitos do adensamento urbano atual, com a redução de ilhas de calor e melhora na qualidade do ar dos, além de promover a durabilidade da membrana de impermeabilização de cobertura, por evitar a exposição das grandes flutuações de temperatura.

Os sistemas 03, 04 e 05 tem a possibilidade da captação da água da chuva pelas calhas, são leves e fáceis de instalar, e promovem ótimos resultados de desempenho térmico e acústico.

A montagem dos cinco sistemas que não atenderam aos quatro critérios da matriz de escolha apresenta seus resultados detalhados das exigências funcionais no Anexo C.2.

6.6 ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO – SISTEMAS PROPOSTOS

Salienta-se que os cinco sistemas foram escolhidos pelo atendimento ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações – RTQ-C:2010, nos critérios de Transmitância Térmica e Absortância. Os outros cinco sistemas avaliados apresentaram valores superiores aos estabelecidos pelos requisitos. Isso pode ser verificado no Anexo D.3 deste trabalho.

Para tanto, as demais avaliações dos parâmetros de Capacidade Térmica, Atraso Solar e Fator de ganho de calor solar de elementos opacos para a Zona Bioclimática 4 – Cobertura Leve Isolada, serão analisadas conforme a norma de desempenho térmico ABNT NBR 15220:2005, apresentados nas Tabelas 82 e 83 a seguir.

Tabela 82 – Valores-limite para as características termo físicas segundo as normas ABNT NBR 15575:2013, ABNT NBR 15220:2005 e RTQ-C:2010 e os resultados dos sistemas propostos.

DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS						
Zona bioclimática: Cobertura Leve isolada (ZB4)¹⁶	RT (m ² .K/W)	U_{COB} (W/m ² K)	CT_{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α_{COB}	FS_o
S1	2,04	0,49	483,2	20:5	NAP	NAP

¹⁶ RT – Resistência térmica total; U – Transmitância térmica; CT – Capacidade térmica; φ - Atraso térmico; α – Absortância; FS_o – Fator de ganho de calor solar de elementos opacos.

* Zona Bioclimática 3 a 8: $U \leq 1,00$ W/m²K, para ambientes condicionados artificialmente.

* Os valores de absortância do Telhado Metálico foi utilizado como referência as medições realizadas para a Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética do Edifício Sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura – Bloco B conforme Cunha et al (2015).

Tabela 83 – Continuação da Tabela 82.

Zona bioclimática: Cobertura Leve isolada (ZB4)¹⁷	RT (m ² .K/W)	U_{COB} (W/m ² K)	CT_{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α_{COB}	FS_o
S2	1,39	0,71	971,2	23:3	0,2	0,56
S3	2,08	0,5	379	23:5	0,4	0,8
S4	1,74	0,6	379	20:4	0,4	0,96
S5	1,3	0,8	376,9	13:2	0,4	1,28
Parâmetros						
ABNT NBR 15575-5:2013	-	α ≤ 0,6	α > 0,6	-	-	-
		U ≤ 2,3	U ≤ 1,5			
ABNT NBR 15220:2005	-	U ≤ 2,00		CT ≥ 130	φ ≤ 3,3	-
RTQ-C:2010	-	U ≤ 1,00¹		-	-	α < 0,50

O resultado obtido da Resistência Térmica Total indica que quanto maior, menor será a intensidade de troca de calor com outro ambiente. A condutividade térmica presente no cálculo da resistência térmica de cada material é a grandeza física que caracteriza se um material é melhor ou pior condutor de calor. O Sistema 03 obteve o maior valor de 2,08m².K/W, e já o Sistema 05 o menor valor de 1,3m².K/W. A diferença de valor deu-se pelas características do material utilizado para o isolamento termoacústico, em que, o Poliuretano apresentou melhores características térmicas de trocas de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo do que a Lã de Rocha.

¹⁷ RT – Resistência térmica total; U – Transmitância térmica; CT – Capacidade térmica; φ - Atraso térmico; α – Absortância; FS_o – Fator de ganho de calor solar de elementos opacos.

* Zona Bioclimática 3 a 8: U ≤ 1,00 W/m²K, para ambientes condicionados artificialmente.

* Os valores de absortância do Telhado Metálico foi utilizado como referência as medições realizadas para a Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética do Edifício Sede do Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura – Bloco B conforme Cunha et al (2015).

Estes isolantes são constituídos por materiais que reduzem a transferência de calor por condução. A resistência térmica destes materiais é devida principalmente à grande quantidade de ar presente entre as fibras ou confinados nas pequenas células formadas no processo de expansão das espumas e dos isolantes granulares. Algumas espumas podem conter ainda nos seus poros outros gases, com condutividade menor que a do ar (VITTORINO; SATO; AKUTSU, 2003)

Uma alta resistência térmica torna o ambiente interno menos dependente das variações do ambiente externo, e os materiais isolantes têm baixa condutividade térmica por natureza.

É importante ressaltar que, para os cálculos da Resistência Térmica superficial interna e externa utilizou-se para ambas a Direção do fluxo de calor descendente por se tratar da zona bioclimática de Brasília, onde o calor tende a passar de fora para dentro, ou seja, gerando um fluxo de calor sempre no sentido da menor temperatura (VIEIRA, 2014).

A Transmitância Térmica é inversamente proporcional à Resistência Térmica Total, ou seja, quanto maior a resistência térmica dos materiais que compõem uma envoltória, menor a quantidade de calor que se perde através dela. O Sistema 05 apresenta $0,8\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ sendo o maior valor enquanto que o Sistema 01 o menor com $0,49\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

O critério de Transmitância Térmica do RTQ-C:2010, independente dos níveis de eficiência A, B ou C, as coberturas em contato com painéis solares devem possuir uma transmitância térmica máxima de $1,00\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, exceto quando houver isolamento térmico apropriado no próprio disposto. As propriedades térmicas dos componentes do painel fotovoltaico foram retiradas dos resultados encontrados por Andrade (2008) e Rodrigues (2018) que realizam simulações da distribuição da temperatura em módulos fotovoltaicos. Porém não consideram materiais com isolamento térmico, e para isso, foi utilizado a metodologia de cálculo da ABNT NBR 15220:2005, considerando a Lã de Vidro para o atendimento ao parâmetro de $U \leq 1,00\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

Considerando que as normativas presentes na Tabela 83 apresentam três parâmetros com valores de transmitância térmica distintos. Na Figura 66 é possível perceber a diferença destes valores e os resultados dos sistemas propostos.

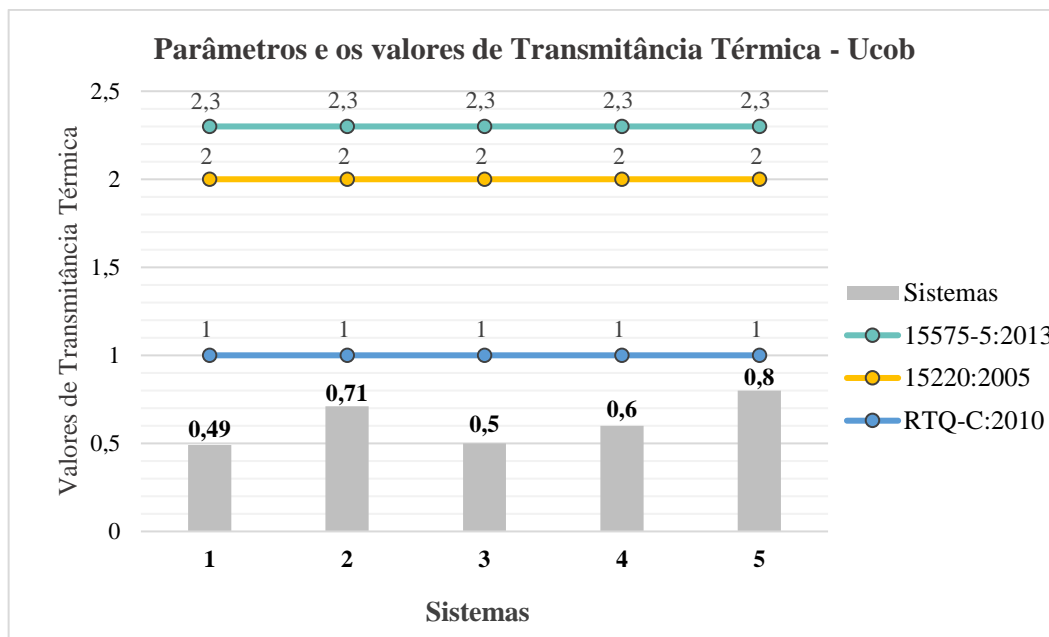


Figura 66 – Análise das três normativas brasileiras e os Parâmetros para Transmitância Térmica para os Sistemas Propostos.

Os níveis de desempenho da ABNT NBR 15575-5:2013 edificações residenciais, estabelece que o nível Mínimo apresente o valor de $2,3\text{W/m}^2\cdot\text{K}$; o nível Intermediário $1,5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ e o nível Superior $1,0\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Considerando tais afirmações, o nível superior da norma é o mesmo nível considerado pelo RTQ-C:2010 para a classificação nível A de eficiência energética. Portanto, estes sistemas se comparados a edificações residenciais atendem ao nível máximo de desempenho, conforme a Figura 67.

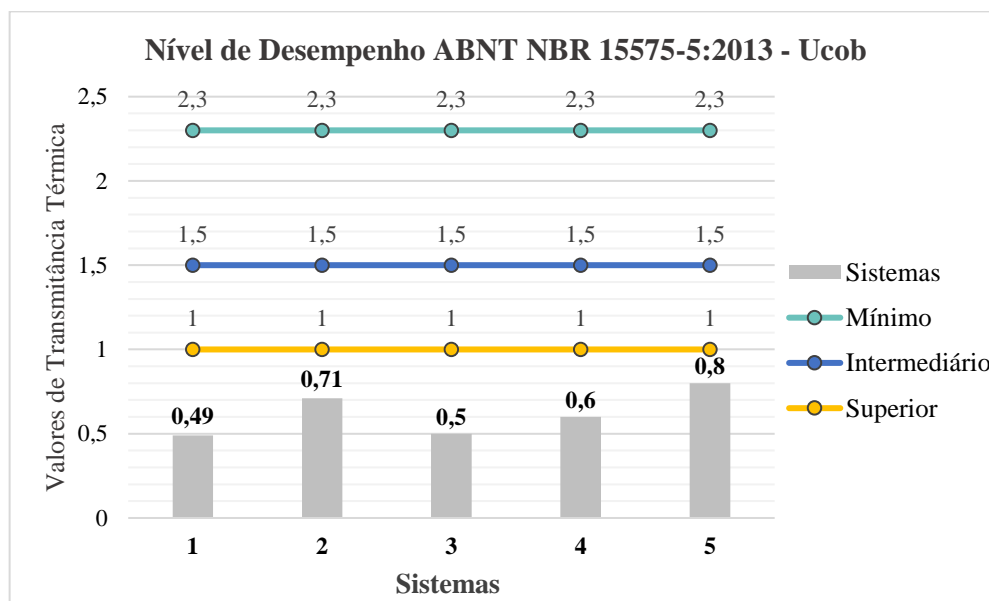


Figura 67 - Análise dos Níveis de desempenho de Transmitância Térmica e os Sistemas propostos.

A Capacidade térmica é a propriedade que determina se o material retém mais ou menos calor, possui a capacidade de perder ou absorve calor em determinado corpo, em razão da variação da temperatura. Também avalia quanto um determinado material pode contribuir em termos de inércia térmica para um ambiente. Conforme a ABNT NBR 15220:2005, os sistemas devem apresentar valores $\geq 130 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$, portanto, dentre os sistemas avaliados, o telhado verde (sistema 02) apresentou o maior resultado com $902 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$, em razão da sua alta densidade da massa aparente (ρ) de 1700 kg/m^3 e espessura 40cm. Logo, o menor valor é caracterizado pelo Sistema 05 por apresentar um isolamento térmico com a espessura de 2,5cm, o que o diferencia do Sistema 03 e 04 que possuem isolamentos térmicos com a espessura de 4cm, além das características dos materiais.

Com relação a Absortância, capacidade de absorver a radiação solar, ou seja, quanto maior a absortância, maior a parcela de energia incidente que se transforma em calor (radiação de ondas longas) após incidir sobre um material opaco. A absortância é uma das três propriedades que determina o comportamento em relação à radiação solar.

A absortância Não se Aplica ao Sistema 01, pois conforme o item 3.2.2 do RTQ-C:2010, para as áreas cobertas por placas fotovoltaicas não é considerada a absortância. Já para o sistema 02, ressalta-se que, de acordo com item 3.1.1.2 b do RTQ-R:2010, considerações sobre a absortância solar das superfícies externas que compõem os ambientes, as coberturas vegetais (teto jardim), não precisam atender ao pré-requisito de absortância. Portanto, conforme informado por Inmetro (2014), deve ser adotado o valor de 0,2 de absortância para teto jardim.

Pelos critérios do regulamento energético de edifícios brasileiro, a absortância de superfícies é o parâmetro utilizado para classificação do nível de desempenho energético da envoltória. Neste caso, como já referenciado na revisão bibliográfica, é considerado os valores de transmitância térmica e absortância para atingir o nível de classificação “A”. A Figura 68 apresenta os valores de absortância exigidos como parâmetro pela ABNT NBR 15575-5:2013 e o RTQ-C:2010. Percebe-se que os cinco sistemas proposto encontram-se abaixo dos níveis máximos permitidos, portanto, possuem resultados satisfatórios com relação a redução dos ganhos de calor e a parcela de radiação absorvida na zona bioclimática 4.

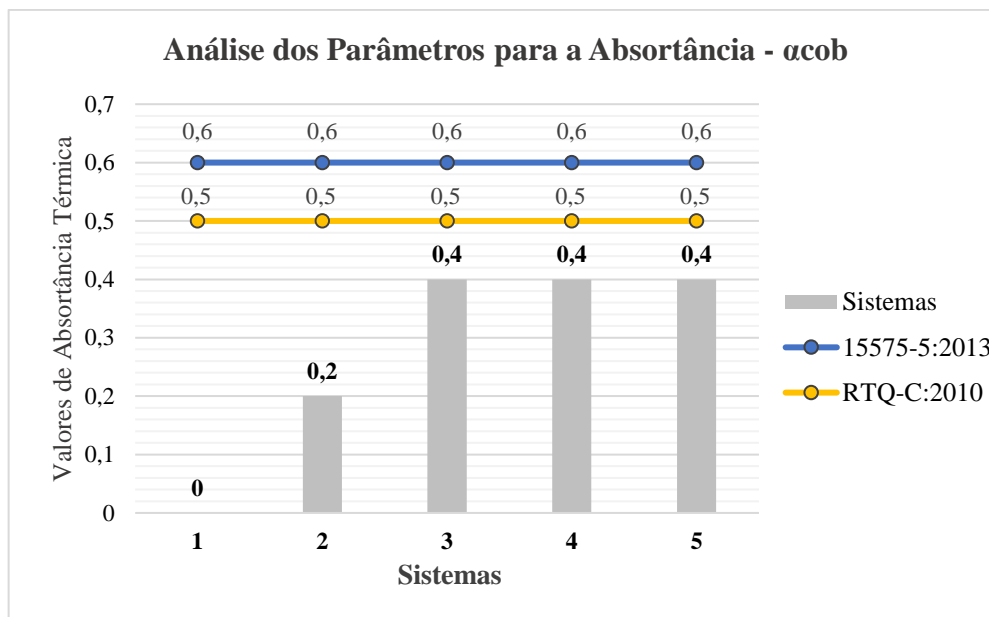


Figura 68 – Análise dos Parâmetros normativos de Absortância e os Sistemas propostos.

Os resultados do sistema 02 é de 0,2, significa que 20% da radiação incidida será absorvida e 80% refletida, e os sistemas 03, 04 e 05 que obtiveram os resultados de 0,4, é aplicado a mesma análise, 40% da radiação incidida será absorvida e 60% refletida.

Um outro parâmetro a se analisar na escolha do fechamento é o Atraso térmico em horas (ϕ), ele depende da capacidade térmica do componente construtivo e da ordem em que as camadas estão dispostas. Ao conduzir o calor de um lado para o outro do fechamento, este retém uma parte no seu interior, decorrido da sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, sendo possível devolvê-lo ao ambiente quando a temperatura interna do ambiente for menor que a do fechamento. O tipo de cobertura para Brasília especificado na ABNT NBR 15220:2005 deve ser Leve isolada para ocorrer as trocas térmicas em um tempo de $\leq 3,3$ horas. Porém, tratando-se dos sistemas propostos, nenhum atendeu a este critério pelo fato de utilizar o Regulamento RTQ-C:2010 como parâmetro para os valores da transmitância térmica. Portanto, os sistemas de cobertura acabaram se tornando pesados retendo mais de 3 horas a quantidade de calor.

Cabe uma análise a este critério, uma vez que a cobertura recebe grandes quantidades de radiação durante o dia, e caso não apresente um valor de transmitância de $U \leq 1,00\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ terá uma grande quantidade de calor acumulado no interior da edificação ao final do dia, e com isso maiores gastos com aparelhos de ar condicionado, não sendo viável se considerado a

eficiência energética. Uma vez que o fluxo de calor é sempre descendente para a região de Brasília, considerando que as câmaras de ar não são ventiladas.

Portanto, o Sistema 03 apresentou maior atraso térmico e o Sistema 05 o menor, uma vez que os valores da resistência térmica e da capacidade térmica influenciam no resultado.

Tanto o atraso térmico quanto o fator solar são determinados para o verão em virtude de ser a condição predominante no Brasil. Sua definição é dada pela taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo. Para o Sistema 01 não foi considerado o fator solar, uma vez que seu resultado é em função da absorvância ($FS_o = 4.U.\alpha$). O parâmetro especificado pela ABNT NBR 15220:2005 estabelece que os valores devem ser $FS_o \leq 6,5$. O sistema 05 apresentou a maior taxa de radiação solar transmitida de 1,28 e o Sistema 02 o menor com 0,56.

6.6.1 Considerações finais do item

Dentre os cinco sistemas escolhidos todos apresentam características específicas em suas propriedades, sendo este o fator que os diferenciam entre si. Com relação aos valores limites para as características termo físicas, o sistema 03 apresentou menores trocas de calor entre o ambiente interno e externo, afirmado por obter a maior quantidade de horas de atraso térmico entre os dois ambientes. Vale destacar que a diferença entre os sistemas 03, 04 e 05 é apenas o isolamento térmico acústico, sendo assim, o poliuretano apresentou melhores resultados, com baixa condutividade térmica que os demais. A norma de desempenho térmico ABNT NBR 15220:2005 estabelece os valores de condutividade térmica (λ) 0,045W/m.K – Lã de rocha; 0,045 W/m.K – Lã de vidro; 0,040 W/m.K – Poliestireno estrudado (expandido) e 0,030 W/m.K – Espuma rígida de Poliuretano.

De acordo com Triana, Lamberts e Sassi (2018) deve ser salientado que edifícios com baixo desempenho térmico resultam em desconforto aos seus usuários, o que pode influenciar a saúde dos ocupantes e, à medida que sua renda aumenta, os ocupantes optam pelo uso de condicionamento ambiental, aumentando o custo operacional do edifício e as emissões de gás carbônico. Um aumento de ar condicionado em todo o país significa a necessidade de o país expandir sua infraestrutura energética.

Para tanto, Papadopoulos (2016) afirma a partir de seus estudos que as cargas térmicas ainda representam dois terços das cargas dos edifícios. Sendo assim, quanto maior a redução dessas cargas, menor será a carga em termos absolutos. Este é um desafio que exige novos

materiais e elementos mais avançados, mas também uma abordagem regulatória integrada e mais sofisticada.

Para concluir, Bienvenido-huertas *et al.* (2019) apresenta as tendências de desempenho de acordo com os regulamentos entre os países da América do Sul e da Europa, com resultados de menor demanda de energia para os países europeus. Também traz como contribuição edifícios localizados em climas semelhantes, mas em diferentes países, apresentando desempenhos energéticos significativamente diferentes. Comparando os resultados encontrados e fazendo uma relação com o Brasil, tem-se atualmente as regulamentações sendo revisadas, justamente pela preocupação das limitações impostas.

6.7 ANÁLISE DE DESEMPENHO ACÚSTICO – SISTEMAS PROPOSTOS

Assim como descrito no item 6.3.2, também foi utilizado os parâmetros normativos da ABNT NBR 10151:2019 considerando o ruído externo de 60dB e a ABNT NBR 10152:2017 o ruído interno e 45dB. A diferença de ambas as normativas é de 15dB, valor que os sistemas devem atenuar para obtenção do desempenho e atendimento aos parâmetros. Na Tabela 84 é possível analisar os resultados encontrados de atenuação de cada sistema proposto para os edifícios dos Ministérios.

Tabela 84 - Análise das propriedades acústicas dos sistemas propostos para a cobertura

DESEMPENHO ACÚSTICO DE COBERTURAS					
Local avaliado: 9º pavimento dos Blocos – Esplanada dos Ministérios					
Área do ambiente: 1488m ²					
Pé direito: 2,50m					
Volume: 3705,12m ³					
Zona bioclimática: Cobertura Leve isolada	S1	S2	S3	S4	S5
Atenuação	60 - 45 = 15dB				
D_{2m,nT,w} (dB)	52,2	59,2	55,2	61,2	61,2
ABNT NBR 10151:2019					
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas					
Período diurno	Período noturno				
60	65				
ABNT NBR 10152:2017					
Escritórios					
RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)				
45	50				

Os Sistemas de coberturas apresentaram resultados satisfatórios quanto a atenuação de 15dB. Isso deu-se pela composição de cada sistema, uma vez que ambos apresentam características e materiais distintos. Salienta-se que os 10 sistemas propostos para a verificação do atendimento de acordo com a matriz de escolha atenderam ao requisito de desempenho acústico mostrado no Anexo D.3. Conforme discutido com a Arquiteta Cândida Maciel proprietária do Escritório Síntese Acústica Arquitetônica, o material gesso acartonado foi utilizado por ser um elemento que atende aos requisitos de desempenho e por estar presente em todos os edifícios dos Ministérios. Em detrimento desta afirmação, não foi proposto outro tipo de forro para os sistemas.

O Sistema 01 possui o menor valor entre os cinco sistemas, justificável pelo fato de não ser considerado a placa nos cálculos de acústica. O sistema só é considerado quando não possui aberturas e totalmente fechado, visto que não é o caso da placa fotovoltaica que possui uma inclinação de 10° sobre a laje impermeabilizada. O sistema apresentou uma atenuação de 52,2dB. Independente da Lã de Vidro presente no sistema já havia atendido comparado aos resultados encontrados apenas da laje e proteção mecânica na Tabela 78.

O Sistema 02 composto pelo telhado verde já atenderia mesmo com uma espessura menor de 8cm se caracterizando em um telhado extensivo. Portanto, o sistema não atenderia ao desempenho térmico, uma vez que a lei da massa/inércia exerce forte influência neste quesito, ou seja, quanto maior a massa maior será a atenuação.

O Sistema 03, 04 e 05 se diferenciam pelo uso do isolamento termoacústico de cada sistema. Tanto a Lã de Rocha, quanto o Poliestireno obtiveram os mesmos resultados de atenuação, mesmo possuindo propriedades diferentes, uma vez que a Lã de rocha é um material fibroso e o Poliestireno um material poroso (espuma).

Uma vez afirmado que quanto maior a massa, maior a atenuação, quando comparado o telhado verde com os demais sistemas, tem-se resultados contrários. Isto é justificado primeiramente pelas propriedades dos materiais e segundo porque a Lã de rocha, o Poliestireno e Poliuretano fazem parte de um sistema dentro de outro sistema (estão presentes entre as telhas metálicas), efeito massa-mola-massa apresentando melhores resultados de atenuação que o telhado verde em questão. E segundo pela impedância acústica, que neste caso ocorre quando existe a diferença da impedância originando uma maior ou menor reflexão das ondas sonoras.

Estudos realizados por Su, Zheng e Deng (2019) sobre as propriedades acústicas em compósitos mostram que o coeficiente de absorção sonora diminui com o aumento do módulo de volume do material externo, e o coeficiente de absorção sonora diminui com o aumento do módulo de volume do material da camada interna. A alteração do módulo de volume do material externo afeta significativamente o coeficiente de absorção sonora. A influência dos comprimentos característicos da viscosidade e da tortuosidade do material externo é mais óbvia que do material interno.

Em todos os sistemas estão presentes a câmara, e de acordo com Simões (2011) o isolamento acústico melhora com o aumento da câmara de ar para um mesmo material. Portanto, causa pouco efeito no isolamento acústico, são mais adequados para o isolamento térmico.

Com relação as normativas existentes que visam o desempenho acústico das edificações, é apresentado na Figura 69 uma análise utilizando como parâmetro a atenuação referente ao método simplificado. Para a Situação A utilizou-se as normativas ABNT NBR 10151:2019 e ABNT NBR 10152:2017 obtendo o parâmetro de 15dB.

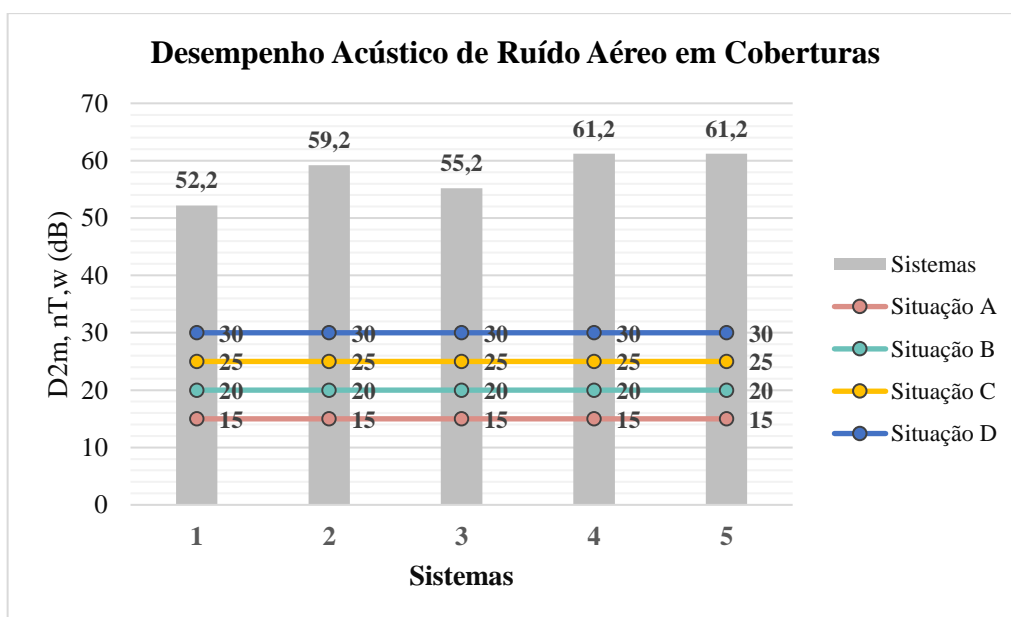


Figura 69 – Análise de atenuação dos Sistemas propostos e os Parâmetros normativos.

Assim como exposto nos resultados dos atuais sistemas presentes no Bloco “E” e “R”, também será apresentado a mesma análise das Classes de ruído conforme o Manual da PróAcústica (PIERRARD et al., 2017).

Os cinco sistemas obtiveram resultados satisfatórios de atenuação quando comparado com os níveis mínimos de desempenho instituídos pela ABNT NBR 15575-5:2013. Portanto, todos os sistemas propostos atenderiam a Classe de Ruído III, sendo a classe mais extrema com níveis de Pressão sonora equivalente L_{Aeq} de 65 a 70dB, conforme a Situação D, considerando o Desempenho mínimo de desempenho de ≥ 30 dB, e podendo também utilizar os valores intermediário de ≥ 35 dB e o superior de ≥ 40 dB. Para mais detalhes é necessário consultar as Tabelas 16 e 17 da revisão deste trabalho.

6.7.1 Considerações finais do item

A principal conclusão para os sistemas 04 e 05 é a composição do sistema que gera o efeito massa-mola-massa, o que dificulta a transmissão dos sons graças a sua descontinuidade e a grande elasticidade. As fontes de ruído determinaram conjuntamente um nível sonoro mínimo de 15dB, entre os ambientes internos e externos. O propósito da composição dos sistemas é a utilização de materiais que fossem isolantes acústicos, uma vez que a necessidade da para a montagem dos sistemas é de isolamento sonoro do ruído aéreo.

6.8 ANÁLISES DAS LIMITAÇÕES DE TOMBAMENTO

Os regulamentos do programa de rotulagem presentes no Brasil estão sendo revisados para alcançar a máxima economia de energia em edifícios, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. De acordo com Lopes et al. (2016), uma estratégia importante empregada para efetivar essas leis e regulamentos é através da certificação. O autor apresenta um estudo importante sobre uma revisão da literatura sobre políticas e regulamentos de eficiência energética para edifícios. Uma vez que, o programa brasileiro está em consolidação em comparação com os portugueses e americanos.

Com base nas modificações realizadas na cobertura do Ministério do Meio Ambiente no período de 2004 a 2008, e os argumentos apresentados no item 6.4 com relação as Diretrizes para promover a Etiquetagem de Edificações Públicas, a partir destas afirmações é viável a realização das propostas de intervenções apresentadas para o sistema atual, desde que mantidas as exigências impostas no item 4.3 Requisitos de Tombamento de Cobertura desta dissertação.

As propostas dos sistemas foram criadas respeitando todas as limitações do tombamento, de não ultrapassarem a cota máxima de coroamento e manter as características

originais da cobertura. São propostas de adaptações respeitando as características arquitetônicas do projeto existente. Além disso, os sistemas respeitam os valores estéticos e culturais do Bem tombado, garantindo a autenticidade dos processos construtivos e suas peculiaridades, evitando o uso de técnicas incompatíveis com o sistema existente.

Das 10 propostas apresentadas, apenas uma não atendeu as limitações, sendo o Sistema 07 - Piso cerâmico área externa (0,75cm) sem telhamento, pela justificativa do uso da cobertura. A concepção projetual dos edifícios dos Ministérios não prevê para a cobertura um espaço de uso coletivo, em que promoverá tal uso. Analisando as limitações a adoção deste tipo de sistema irá contra a intervenção mínima em que, toda intervenção deve ser orientada pelo absoluto respeito estético e histórico do monumento, à sua integridade física e ao seu aspecto documental.

As intervenções apresentam técnicas que visam o desempenho e o conforto do usuário. São sistemas já presentes no mercado com perspectivas de estarem sempre inovando e se adaptando, visando maior eficiência e aproveitamento da energia solar, água da chuva e ao mesmo tempo evitando patologias e cargas térmicas para o interior da edificação.

Para concluir, cabe ressaltar que o Conselho de Arquitetura e Urbanismo foi contado no dia 15/03/2019 em esclarecimento sobre a modificação de uma obra autoral arquitetônica. Conforme as informações fornecidas pela central, para realizar alguma modificação, deve entrar em contato com o arquiteto responsável pela obra e utilizar as informações do projeto para uma nova emissão do Registro de Responsabilidade Técnica (RRT). Estas ações não se encontram descritas nas resoluções apresentadas pelo conselho.

6.9 AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE COBERTURA

Dos dez sistemas propostos cinco atenderam aos quatro critérios criados por meio da matriz de escolha para aplicação na cobertura dos Ministério. As propostas podem ser aplicadas considerando apenas um sistema de forma simples ou considerando dois sistemas de forma mista, ou até mesmo três sistemas.

Para a aplicação deve ser considerado o tipo de uso do sistema de cobertura e o tipo de sistema que melhor adequa as exigências necessárias, de modo que não possa intervir na funcionalidade de cada órgão presentes em cada Ministérios. Não é possível definir uma área

de aplicação, pois cada Ministério possui uma demanda de equipamentos e uma tipologia governamental diferenciada.

Para tanto, é possível a aplicação de acordo com o nível de desempenho que o edifício deseja alcançar, ou seja, pode ser simulado utilizando um primeiro sistema que apresente um maior índice de eficiência que o segundo, ou utilizar apenas um sistema que seja eficiente e que atenda a demanda prevista. Para isso cabe estudos juntamente aos usuários, pois vai depender da expectativa de quem utiliza o espaço e é influenciado diretamente, para adequação ou aplicação de novos sistemas e respectivamente a área disponível para tal. De modo que, o sistema de cobertura possa aproveitar como benefício a carga térmica e precipitações que recebem ao longo da sua vida útil, além de proporcionar o conforto e a escolha de elementos construtivos que promovam o desempenho termoacústico necessário para o uso das edificações.

Cabe uma correlação com o item 6.5 deste trabalho que apresenta os tipos de tipologias dos sistemas atuais presentes nos edifícios dos Ministérios. Neste item é descrito que a prioridade de intervenção e aplicação dos sistemas devem ocorrer caso após a aplicação da metodologia de inspeção apresente resultados de Níveis de Prioridade de Intervenção 3 e 4, sendo Ações de curto prazo (1 a 2 anos) e Ações de Prioridade Imediata (6 meses). São considerados estes níveis após as avaliações por apresentarem um grau de urgência maior de intervenção comparado aos níveis 1 e 2 pelo fato de serem ações sem urgência e ações de médio prazo (2 a 5 anos).

Os 17 Blocos apresentados na Tabela 61, apenas 8 ainda mantêm o projeto original composto por telha de fibrocimento. Percebe-se a necessidade de atualização dos sistemas se comparado aos demais blocos que já vem alterando os elementos de cobertura para maior adequação por materiais que apresentam melhores resultados de desempenho.

7. CONCLUSÕES

Os objetivos definidos para a criação de uma metodologia que avaliasse a condição existente das coberturas dos edifícios dos Ministérios e apresentasse adequações para o atendimento as exigências normativas, obteve resultados satisfatórios. Isto pode ser aferido por meio da avaliação das exigências funcionais, adequação da metodologia para avaliação do desempenho térmico e acústico e por respeitar os critérios de tombamento para a tomada de decisões para a escolha dos novos materiais, atendendo tanto as exigências normativas quanto os critérios propostos.

A análise realizada na cobertura dos edifícios da Esplanada dos Ministérios, pode ser replicada para os outros 15 prédios existentes, pois apresentam as mesmas características arquitetônicas e conclui que são necessárias intervenções que garantam o conforto térmico e acústico de seus usuários, reduzindo a dependência principalmente da energia elétrica para a obtenção do conforto ambiental. A relação da energia elétrica com o contexto apresentado refere-se ao regularmente técnico utilizado (RTQ-C:2010), pelo fato de apresentar parâmetros termofísicos direcionados a edifícios de escritório.

Avaliação das exigências funcionais serviu para identificar as principais anomalias presentes nas coberturas dos edifícios dos Ministérios por meio da caracterização do estado de conservação dos materiais e componentes e o critério de prioridade de intervenção, definidos neste trabalho. Dúvidas foram surgindo no momento da criação do *checklist* para a classificação das categorias que deveriam ser verificadas quando aplicadas nos sistemas atuais e propostos.

Para tanto, foi necessária uma atribuição com pesos referente ao atendimento a cada exigência e para isso, fez o uso do mapeamento sistemático e a ponderação utilizando a escala *Likert* e o *Relative Importance Index* dos resultados encontrados no mapeamento. Após a aplicação do *checklist* nos sistemas atuais e propostos no estudo piloto, verificou a necessidade de um ajuste na metodologia estabelecendo um parâmetro de atendimento de 90% a 100%. A importância dessa caracterização do estado de conservação da cobertura seu deu para a verificação do sistema, se tem cumprido o seu papel de proteção para o qual foi projetado.

Na avaliação do desempenho térmico e acústico os sistemas atuais apresentaram resultados insatisfatório para o desempenho térmico, entretanto, os cinco novos sistemas foram montados de modo que atendessem aos critérios fornecidos pelos parâmetros do RTQ-C:2010. Isto só foi possível após a realização de diversos cálculos, proporcionando valores que se enquadrassem dentro dos estabelecidos pelo regulamento técnico e normativas utilizadas neste trabalho. As avaliações para o desempenho acústico dos sistemas atuais e propostos, obtiveram resultados satisfatórios. Fato atestado pela presença da laje maciça de concreto, que se mostra excelente elemento de atenuação quando composto ao sistema.

Por meio do método prescritivo foi possível identificar que os sistemas propostos atenderam as exigências aplicados em ambientes condicionados artificialmente, especificação utilizada para o atendimento ao regulamento técnico. Se levado em consideração ambientes que não são providos pelo condicionamento artificial, os sistemas deveriam apresentar um valor máximo de $2W/m^2.K$ para a transmitância térmica. O que não difere também no atendimento dos sistemas propostos, mas para isso, não seria necessário que os cinco sistemas utilizassem isolamentos termoacústicos, pelo fato de que, ainda sim os valores estariam dentro dos parâmetros aceitáveis.

As exigências funcionais e de tombamento apresentaram maior influência nas tomadas de decisões para as composições dos novos sistemas, exemplificado pelo fato de terem sido proposto 10 sistemas e apenas 5 terem atendido aos 4 critérios propostos (funcionais, térmico, acústico e tombamento). Nos edifícios dos Ministérios predomina a natureza de bem cultural, e nesse caso as intervenções foram conduzidas por meio das Ações e Limitações estabelecidas para cobertura. Após a aplicação dos critérios, apenas um dos 10 sistemas propostos não atendeu, sendo este, a utilização do piso cerâmico por consequência da alteração do tipo de uso da cobertura.

O último objetivo atendido por esta pesquisa foi a criação de uma matriz de escolha dos materiais para a composição dos novos sistemas de cobertura, cumprindo as premissas citadas acima, este trabalho avaliou os sistemas atuais e analisou as propostas dos novos sistemas para a cobertura dos Ministérios. Os critérios arquitetônicos foram utilizados para as tomadas de decisões da escolha dos sistemas, assim como, grande parte dos parâmetros encontram-se presentes nas justificativas de escolha dos materiais conforme a pontuação distribuída para o atendimento as exigências funcionais.

Vale destacar que a cobertura é uma área nobre que não deve ser tratada com a simples função de telhado. A cobertura deve ser projetada de forma a fornecer uma proteção acústica, térmica e uma proteção contra intempéries, além da possibilidade do seu uso para a captação de água da chuva e de energia solar. Na época em que as coberturas dos edifícios dos Ministérios foram projetadas possuía a função de serem apenas a proteção da estrutura contra intempéries. Hoje a proteção contra sol e chuva não atende mais as necessidades dos usuários, para tanto, deve ser proporcionado o conforto térmico e acústico.

Portanto, a proposta de criação de uma metodologia que avaliasse a condição existente e desenvolvesse novos sistemas de adequações para o atendimento as exigências de desempenho foi atingido. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, mostrando a possibilidade de aplicação em edificações não residenciais, atendendo o desempenho estabelecido nas exigências normativas, com foco no conforto ambiental do usuário.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para pesquisas futuras, foram propostas as seguintes sugestões que dizem respeito ao desempenho dos sistemas de edificações:

- Analisar outros sistemas de coberturas com diferentes usos, aplicando a metodologia em edifícios de escritório;
- Avaliar o desempenho térmico e acústico dos cenários das fachadas e seus possíveis tratamentos, identificando as fachadas mais ou menos críticas, considerando as exigências de tombamento;
- Avaliar a metodologia utilizada aplicando em edificações existentes nas demais zonas bioclimáticas do Brasil;
- Aplicar a metodologia utilizada para outras tipologias de edificações de cunho hospitalar, residencial e institucional, utilizando o novo regulamento técnico da qualidade (RTQ-C) que ainda se encontra em revisão, mas que delimita os parâmetros pelo tipo de tipologia, com a intenção de obtenção da etiquetagem nível “A”;
- Aplicar o regulamento técnico (RTQ-C) para edificações hospitalares e avaliar o nível de eficiência energética existente, e propor modificações para o atendimento da etiquetagem nível “A”, visto que os hospitais também são grandes consumidores de energia elétrica, e possui uma necessidade maior para o conforto do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX – Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O que é EPS**. 2019. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 12 set. 2019.

ADAMS, Betina; ARAUJO, Suzane Albers; NUNES, Maria Anilta. **Roteiro: Elaboração de Projeto de Restauro**. 2005. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/14_09_2012_16.18.01.d6efd08cc513c0b6c08db87c850bef68.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

AKDAG, N. Y. **A simple method to determinate required Rtr values of building envelope components against road traffic noise**. Building and Environment, November 2004. Volume 39, p. 1327-1332.

AKKERMAN, Davi. Conforto acústico: Norma de desempenho para unidades habitacionais. **Vitruvius**: drops, v. 7, n. 60, p.1-1, 13 set. 2012.

AKSAMAIJA, Ajla; WILL, Perkins. **Sustainable Facades: Design methods for high-performance building envelopes**. New Jersey: Wiley, 2013.

ALUCCI, Marcia Peinado. **184 - TAO: Uma Metodologia para Implantação de Edificação: Ênfase no Desempenho Térmico, Acústico, Luminoso e Eficiência Energética**. Disponível em: <<https://www.usp.br/nutau/CD/184.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

ALVES, Amanda Nascimento. **Desempenho térmico da vedação vertical externa: Proposta de retrofit para o edifício presidente kennedy**. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Multivix Faculdade Brasileira de Arquitetura e Urbanismo, Vitória, 2016.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI/SPRI VF-1: External Fire Design Standard for Vegetative Roofs**. Waltham, Ma: Spri, 2017. 10 p.

ANDRADE, A. C. **Análise e simulação da distribuição de temperaturas em módulos fotovoltaicos**. Porto Alegre, 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

ANDRADE, Lucas Ferreira de. **Inspeção e Avaliação dos Sistemas de Cobertura**. 2018. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

ANTONELLI, Glydson R.; CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-GO**. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, p.1415-1424, maio 2002.

ASHRAE (2010). **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, EUA.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de ar-condicionado: sistemas centrais e unitários**. Parte 1: parâmetros de conforto térmico, Rio de Janeiro, 2008, 60p.

_____. **PROJETO DE REVISÃO DA ABNT NBR 6120:** Ações para o cálculo de estruturas de edificações. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 62 p.

_____. **NBR 5674:** Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: 2012.

_____. **NBR 7358:2015:** Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Determinação das características de inflamabilidade. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 4 p.

_____. **NBR 15448-1:** Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 1: Terminologia. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2008. 10 p.

_____. **NBR 15448-2:** Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2008. 2 p.

_____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais –Desempenho: Parte 1 -Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 15575-5:** Edificações Habitacionais –Desempenho: Parte 5 -Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.

_____. **NBR 15220-1.** Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 15220-2.** Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 15220-3.** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. **NBR 10151.** Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 10152.** Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 5419.** Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR ISO 14001:** Sistema de gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 41 p.

ASTM – American Society for Testing And Materials. ASTM C 1371 – 2015 - **Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers.** In: Annual Book of ASTM Standards, 2015.

_____. ASTM E 96 – 2016 – **Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials.** In: Annual Book of ASTM Standards, 2016.

BARROS, Caroline Plech G. de; COSTA, Selma Bandeira; OITICICA, Maria Lúcia G.r. **Avaliação do desempenho acústico de partições verticais em construção seca na cidade de maceió-al.** 2015. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico1artigo04.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

BIENVENIDO-HUERTAS, David et al. A Comparative Analysis of the International Regulation of Thermal Properties in Building Envelope. **Sustainability**, [s.l.], v. 11, n. 20, p.1-30, 10 out. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11205574>.

BRAGA, Milton. **O Concurso de Brasília:** Sete projetos para uma capital. São Paulo: Imprensaoficial, 2010. 292 p.

BRASIL. **Lei Nº 4.092, de 30 de janeiro de 2008.** Brasília, SINJ-DF.

BRASIL. **Lei Nº 12.378:** Regulamenta o exercício da Arquitetura e Urbanismo; cria o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR e os Conselhos de Arquitetura e Urbanismo dos Estados e do Distrito Federal - CAUs; e dá outras providências. Brasília, DF, 31 dez. 2010.

BRASIL, Ministério da Cultura. **Instituto do Programa Monumenta Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural /** Elaboração José Hailon Gomide, Patrícia Reis da Silva, Sylvia Maria Nelo Braga. _ Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

BRASILEIRO, Preservação do Patrimônio Cultural. **Brasília:** Conjunto dos Ministérios. 2018. Disponível em: <<http://www.infopatrimonio.org/?p=19617#!/map=38329&loc=-15.797997000000016,-47.869711,17>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

BIOLÃ. **O que é Lã de Rocha?** 2019. Disponível em: <<http://www.biola.com.br/la-de-rocha/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** 263 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes; SABBATINO, Fernando Henrique. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil.** São Paulo: Escola Politécnica da Usp, 2008. 21 p.

BORGES, Carlos Alberto. **O significado de desempenho nas edificações.** 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/103/norma-de-desempenho-o-significado-de-desempenho-nas-edificacoes-282364-1.aspx>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

BORGES, R. M. **Análise de desempenho térmico e acústico de unidades habitacionais construídas no conjunto habitacional Benjamin José Cardoso em Viçosa-MG.** Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

BOTEY, Josep M. **Oscar Niemeyer.** 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, S.a., 1997. 255 p.

BUENO, Cristiane. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: Análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro.** 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.

CARVALHO, R. P. **Acústica arquitetônica.** 2 ed. Brasília: Thesaurus Editora, 2010. 238 p.

CINTRA, Laura Borges. **Avaliação das propriedades térmicas de concretos com ar incorporado.** 2017. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

COELHO, Thamys da Conceição Costa; GOMES, Carlos Eduardo Marmorato; DORNELLES, Kelen Almeida. Desempenho térmico e absorvância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.147-161, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100129>.

CONCEIÇÃO, João Filipe Melro da. **Recuperação do edificado afeto ao Exército. Sistema de inspeção e diagnóstico de anomalias em coberturas em terraço.** 2015. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Militar, Técnico Lisboa, Lisboa, 2015.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – Conforto Ambiental.** Editora Revan, 1ª edição, 2003.

COSTA, E. C. **Acústica técnica.** Editora Edgard Blucher. São Paulo, 2003.

COSTA, Selma Patrícia Bandeira Mendes. **Isolamento acústico aéreo em campo de partições verticais em construção Light Steel Framing, em habitações unifamiliares.** 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

COMIRAN, Sheila. **Conforto e desempenho térmico em hospitais: Estudo de caso na área de internação do hospital universitário de Santa Maria/RS.** 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

CUNHA, Eduardo Grala da et al. **Etiquetagem do nível de eficiência energética do edifício sede do ministério do meio ambiente e ministério da cultura - Bloco B / Esplanada dos Ministérios: Memorial de simulação e relatório das propriedades térmicas.** 2015. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/energia/edificios/retrofit/Parte%20%20%20-%20simulacao.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DALMORO, Marlon; VIEIRA, Kelmara Mendes. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **Revista Gestão Organizacional**, Chapecó, v. 6, Edição especial, p.161-174, 18 mar. 2014.

DIAS, Alexandra da Silva. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas metálicas utilizadas em edificações estruturadas em aço.** 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

DRYWALL, Associação Brasileira do. **Desempenho acústico em sistemas de drywall**. 2015. Disponível em: <<https://knauf.com.br/sites/default/files/16-%20Manual%20de%20Ac%C3%BAstica%20em%20Drywall.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

DUARTE, E. A. C.; VIVEIROS E. B. Acoustic degradation of buildings along historical evolution of architecture: the construction of a timeline. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS, 18., 2004, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto, 2004.

ECYCLE. **Poliuretano tem efeitos nocivos à natureza, mas alternativas à reciclagem crescem**. 2019. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/6-atitude/890-poliuretano-tem-efeitos-nocivos-a-natureza-mas-alternativas-para-reciclagem-crescem.html>>. Acesso em: 12 set. 2019.

EVANGELISTA, Caroline Lorensato. **Aplicação da norma de desempenho NBR 15.575 em edifícios residenciais: Uma análise sobre os requisitos de desempenho térmico e acústico**. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

FANGER, P. O. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill, New York, USA, 1970.

FANGER, P. O. *Assessment of man's thermal comfort in practice*. British Journal of Industrial Medicine, 30, 313-324, 1973.

FEDERAL, Governo. **Instrução normativa nº 2, de 04 de junho de 2014**. 2014. Disponível em: <<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

FEDERAL, Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito. **Poluição Sonora**. 2018. Disponível em: <<http://www.sema.df.gov.br/poluicao-sonora/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FEDERAL, Superintendência do Iphan no Distrito. **Conjunto Urbanístico de Brasília**. 2016. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/portaria_166_doc_tec.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2018.

FERNANDES, Júlia Teixeira. **Coedf: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FERREIRA, Camila Carvalho; SOUZA, Henor Artur de; ASSIS, Eleonora Sad de. Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.183-200, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100131>.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 591 p.

GOULART, Fábio Giovanni Teles. **A Conservação do ambiente urbano na área tombada de Brasília**. 2006. 95 pg. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

GOOGLE. Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 8 set. 2019.

GRILLO, José Carlos Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno: O caso do palácio Itamaraty**. 2005. 165 pg. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

GUIMARÃES, Mariana Emidio. **Uma análise para retrofit da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont - Rio de Janeiro**. 2017. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

HAUBERT, Pedro Ladeira Mariana. **Folha de São Paulo: Esplanada dos Ministérios abriga "bloco fantasma", vazio desde abril**. São Paulo, 01 ago. 2016. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/poder/2016/08/1797684-esplanada-dos-ministerios-abriga-bloco-fantasma-vazio-desde-abril.shtml>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

HOLANDA, Frederico; TENORIO, Gabriela. **Patrimônio, preservação e poder**. 2011. Disponível em: <http://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2016/01/000_M13-PatrimonioPreservacaoEpoder-ART_frederico-holanda.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2018.

IBRAM, Instituto Brasília Ambiental. **Mapa de ruído de Brasília**. 2013. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/Mapa-de-Ru%C3%ADdo-de-Bras%C3%ADlia.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

IBRAM, Instituto Brasília Ambiental. **Parâmetros acústicos: definições**. 2018. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/parametros-acusticos-definicoes/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

INMETRO - Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial. **Diretrizes Gerais para promover a Etiquetagem PBE edifica em edificações públicas através de retrofit**. 2013. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/DiretrizesEficienciaEnergeticaEdificacoesPublicasRetrofit.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2019.

_____. **ANEXO GERAL V - Catálogo De Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Anexo da Portaria Inmetro nº50/2013. Atualizado em 08/06/2015.

_____. **RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, INMETRO, 2010.

_____. **Teto verde: propriedades térmicas da cobertura**. 2014. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/forum/viewtopic.php?f=7&t=15>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

_____. **ISO 140-5: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades**. Genève, 1996.

_____. **ISO 717-1: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airbone sound insulation**. Genève, 2013.

_____. **ISO 16.283-1: Acoustics – Fiel measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation**. Brussels, 2014.

_____. **ISO 16.283-3: Acoustics – Fiel measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Façade sound insulation.** Brussels, 2016.

_____. **ISO 6241. Performance standarts in building – Principles for their preparation and factors to be considered.** Geneva, Switzerland, 1984.

_____. **ISO 12354-3. Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.** Geneva, Switzerland, 2000.

ISOFERÉS. **Comportamento do Poliestireno Expandido EPS ao fogo.** 2013. Disponível em: <www.isoferes.com.br/imagens/ARQUIVOS%20PDF%20SITE/Comportamento%20do%20EPS%20ao%20fogo.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

KLEIN, D.L; KLEIN, G.M.B; LIMA, R.C.A. **Sistemas Construtivos Inovadores: Procedimentos de Avaliação. II Seminário de Patologias das Edificações: Novos Materiais e Tecnologias Emergentes.** UFRGS, Porto Alegre, 2004.

KUHN, Ellin Maiara. **Análise do desempenho acústico de edificação habitacional de âmbito social conforme a NBR 15.575.** 138 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (v.4).** 2010. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/catalogo_caixa_v4.PDF>. Acesso em: 27 ago. 2019.

LALOË, Florence Karine; FREITAS, Paula Gabriela de Oliveira. **Compras Públicas Sustentáveis: Uma abordagem prática.** 2012. Disponível em: <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/compras-publicas-sustentaveis---novo.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Cláudia Donald. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico.** Florianópolis: Labeee, 2010. 130 p. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014.

LAMBERTS, Roberto; DUARTE, Vanessa C. P. **Desempenho térmico de edificações.** 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2018.

LOPES, Alice do Carmo Precci et al. Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 66, p.207-219, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.033>.

LOTURCO, Bruno. **Debate: fachadas com desempenho luminotécnico, térmico e acústico.** 2015. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/261/debate-fachadas>>

com-desempenho-luminotecnico-termico-e-acustico-366808-1.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MACIEL, Ana Carolina Fernandes. **Energia incorporada de fachadas ventiladas. Estudo de caso para edificação habitacional em Brasília-df.** 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios, volume 1.** Brasília: MMA, 2015. FL70 p.

MARQUES, Vinicius Martins; GOMES, Luciana Paulo; KERN, Andrea Parisi. Avaliação ambiental do ciclo de vida de telhas de fibrocimento com fibras de amianto ou com fibras de polipropileno. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 16, n. 1, p.187-201, jan. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000100068>.

MARQUEZ, Mara Souto. **A escala monumental do plano piloto de Brasília.** 2007. 327 pg. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

MATEUS, Diogo. **Acústica de edifícios e controlo de ruído.** 2008. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

MEDEIROS, Elyas Ferreira de; SHAYANI, Rafael Amaral; MANGAS, Maria Beatriz Pereira. **Produção de Silício Grau Solar no Brasil:** Nota técnica. 2009. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Produção+de+silício+grau+solar+no+Brasil_Nota+Técnica+CGEE_13_5304.pdf/838757da-f731-4520-8f0d-5016fad66f19?version=1.0>. Acesso em: 12 set. 2019.

MELO, Erika Aline; ELIAS, Pâmela Casa Santo; FENATO, Caroline Salgueiro da Purificação Marques. **Critérios básicos da norma de desempenho abnt nbr 15.575/2013 aplicados a casa botucatu/ fgmf arquitetos.** *Akrópolis*, Umuarama, v. 24, n. 2, p.163-174, 24 ago. 2018.

MORENO, Ana Cecília Rodrigues; MORAIS, Ingrid Stephanie de; SOUZA, Robertavieira Gonçalves de. Thermal Performance of Social Housing– A Study Based on Brazilian Regulations. **Energy Procedia**, [s.l.], v. 111, p.111-120, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.013>.

MORGADO, João Nicolau Pires Lopes Veiga. **Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes.** 2012. 267f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

MORONI, Anne Lyse. **Análise do desempenho térmico e da eficiência energética de um edifício multifamiliar em alvenaria estrutural na Zona Bioclimática 2.** 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Construção Civil e Preservação Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MUNIZ-GÄAL, Lúgia Parreira et al. Eficiência térmica de materiais de cobertura. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.503-518, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100235>.

NACIONAL, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico. **Plano Piloto 50 anos**: cartilha de preservação de Brasília. 2007. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/plano_piloto_50_anos\(2\).pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/plano_piloto_50_anos(2).pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2018.

_____ a. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico. **IPHAN - Distrito Federal**. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/df>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

_____ b. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico. **Brasília**. 2014. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/31/>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

_____ c. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico. **Carta de Burra**: Conselho Nacional de Monumentos e Sítios - ICOMOS. 1980. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Burra%201980.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

_____ d. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico. **Portaria nº420, de 22 de dezembro de 2010**. 2010. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/legislacao?categoria=11&busca=420&de_data=&ate_data=>. Acesso em: 28 jan. 2019.

NICOLETTI, Ana Maria Abrahão. **Eficiência Energética em um Ministério da Esplanada em Brasília**: Propostas para Retrofit de Envoltória. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

Olgyay V., A. Olgyay. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalismo**. Princeton University Press, 1973.

OLIVEIRA, Ana Luiza Alves de. **Avaliação das condições de desempenho acústico, lumínico e térmico em edificações de porte monumental**: um estudo de caso da Biblioteca Central e do Restaurante Universitário da Universidade de Brasília. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

OLIVEIRA, Raquel Diniz. **Classificação do desempenho térmico da envoltória de habitação popular em concreto armado**. 2015. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

OLIVEIRA NETO, G. C. de; CHAVES, L. E. de C.; VENDRAMETTO, O. **Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha**. Exacta, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 65-80, 2010.

PAPADOPOULOS, Agis M.. Forty years of regulations on the thermal performance of the building envelope in Europe: Achievements, perspectives and challenges. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 127, p.942-952, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.051>.

PIERRARD, Juan Frias; AKKERMAN, Davi. **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho**: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho. Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. 3ª Edição. São Paulo, 2017. Disponível em: <

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/proacustica_manualnorma_nov_2013.pdf > acesso em 16 set. 2018.

PORTUGAL. **Decreto-Lei nº 96/2008. Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios.** Diário da República I-Série A. nº 110, p. 3359-3372. Lisboa. 2008.

RATO, Vasco; BRITO, Jorge de. **Exigências Funcionais das Coberturas Inclinadas.** 2003. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/282251188>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

REZENDE, Jardel Masciocchi Silva; MORAIS FILHO, Júlio César Gomes de; NASCIMENTO, Néio Lúcio Freitas. **O desempenho acústico segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15.575: isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo.** 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

REZENDE, Juliana B. de; RODRIGUES, Francisco C.; VECCI, Marco Antônio M. Uma análise de critérios de desempenho acústico para sistemas de piso em edificações. **Simmec/emcomp 2014**, Juiz de Fora, p.1-14, maio 2014.

RITTER, V. M.; **Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período de inverno: o caso do campus Pelotas Visconde da Graça.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2014.

ROCHA, Pedro Tomé da. **Anomalias em Coberturas de Terraço e Inclinadas.** 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2008.

RODRIGUES, E. Processos de Transmissão de Calor. **Conforto Térmico das Construções.** Santa Catarina, 2016 Disponível em: <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao_de_Calor_em_Edificacoes.pdf>. Acesso em 22 ago. 2018.

RODRIGUES, Thiago Toledo Viana. **A influência térmica de sistemas fotovoltaicos integrados a fachadas no desempenho energético de edificações.** 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. **Desempenho térmico e as paredes de concreto.** 2013. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 de ago. 2018.

RTQ-C - **Regulamento técnico da qualidade para eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.** 2010. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001424.pdf>. Acessado em 10 ago. 2018.

SÁ, Andréa Juliana de Oliveira. **Diretrizes para a elaboração de projetos arquitetônicos: Sustentabilidade das edificações.** 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, Francisco Alberto Costa. **Desempenho térmico de edificações multipavimentos: Análise do uso de fachadas de vidro diretamente expostas à radiação solar na cidade de Teresina-PI.** 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Feral do Piauí, Teresina, 2010.

SANTOS FILHO, Vamberto Machado dos. **Análise de desempenho térmico e acústico de fachadas ventiladas de porcelanato à luz da norma de desempenho:** Estudo de caso em Brasília - DF. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SANTOS FILHO, Vamberto Machado dos; SPOSTO, Rosa Maria; CALDAS, Lucas Rosse. **Análise do desempenho acústico de fachadas ventiladas de porcelanato à luz da norma de desempenho: estudo de caso em um edifício habitacional em Brasília-DF.** Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s.l.], v. 13, n. 2, p.116-130, 15 maio 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i2.44959>.

SANTOS, Marcos Antonio dos. **Brasília, o Lago Paranoá e o Tombamento:** Natureza e especulação na cidade modernista. 2008. 259 pg. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

SILVA, Ana Paula de Oliveira da. **Uma contribuição ao estudo de avaliação de ciclo de vida - Telha de aço galvanizada.** 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SILVA, Joene Saibrosa da. **A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios:** estudo de casos no plano piloto de Brasília. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SIMÕES, Flávio Maia. **Acústica Arquitetônica.** 2011. Disponível em: <<https://ambeefau.files.wordpress.com/2011/09/acustica.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2019.

SOCIAL, Secretaria de Estado da Segurança Pública e da Paz. **Brasília de Fato.** 2017. Disponível em: <<http://brasiliadefato.com.br/grandebrasilia/2017/05/transito-na-esplanada-dos-ministerios-sera-interrompido-0h-para-manifestacao-popular/>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

SOLAR, Portal. **Como preparar a sua construção para energia solar.** 2019. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-preparar-a-sua-construcao-para-energia-solar.html>>. Acesso em: 25 set. 2019.

SOUSA, Bruna Moreira Serra de. **Avaliação do desempenho térmico em projeto de unidade habitacional multifamiliar com base na metodologia da ABNT NBR 15220/2005 e nos requisitos da ABNT NBR 155575/2013.** 2014. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, L.C.L.; ALMEIDA, M.G.; BRAGAN, A.L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura.** São Carlos: EdUFSCar, 2006.

SU, Jintao; ZHENG, Ling; DENG, Zhaoxiang. Study on acoustic properties at normal incidence of three-multilayer composite made of glass wool, glue and polyurethane foam. **Applied Acoustics**, [s.l.], v. 156, p.319-326, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.07.016>.

TAVARES, Sergio Fernando et al. Telhado verde, energia embutida e emissão de CO2: análise comparativa a coberturas convencionais. **Xv Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [s.l.], p.3267-3276, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.652>.

TRIANA, Maria Andrea; LAMBERTS, Roberto; SASSI, Paola. Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 158, p.1379-1392, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.003>.

UNIÃO, Secretária do Patrimônio da. **Modelagem 3D & Quantitativos de Materiais**. 2017. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/aceso-a-informacao/licitacoes-e-contratos/licitacoes/concorrencia-1/concorrencia-no-02-2015>>. Acesso em: 10 set. 2019.

VASQUEZ, Elizabeth Maceira Antelo. **Análise do conforto ambiental em projetos de habitações de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

VIEIRA, Rômulo Valente Custódio. **Análise de Eficiência Energética e Conforto Térmico do Instituto de Biologia**. 2014. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

VITTORINO, F., SATO, M. N.; AKUTSU, M. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003. pp. 1277 – 1284.

ZAJARKIEWICCH, Daniel Fernando Bondarenco. **Poluição sonora urbana: principais fontes: Aspectos jurídicos e técnicos**. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

WBRASÍLIA. **Esplanada dos Ministérios**. 2018. Disponível em: <<http://wbrasil.com/esplanadadosministerios.htm>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

WILHEIM, Jorge. Brasília. **Revista Acrópole**. N.256, p 19-117, fev. 1960.

ANEXO I – FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO SISTEMA DE COBERTURA

ANEXO A.1 – ELEMENTOS FONTES DE MANUTENÇÃO (EFM); MORGADO (2012)

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Envoltente exterior horizontal (coberturas inclinadas)	Revestimentos	Pétreo natural	Soletos de ardósia
			Granito
			Xisto
		Pétreo artificial	Fibrocimento
			Telha cerâmica
			Telha de micro-betão
			Vidro
		Metálico	Zinco
			Aço
			Alumínio
			Ferro
			Chumbo
			Cobre
		Plástico	Chapa de policarbonato alveolar (PC)
			Chapa de policloreto de vinilo (PVC)
			Chapa de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV)
			Chapa de polimetacrilato de metilo (PMMA)
		Misto	Telha asfáltica
			Painel <i>sandwich</i>
	Chapas de bio-fibras		
	Chapas de aço revestidas com betume e folhas de alumínio		
	Telha de soletos metálicos com grânulos minerais		
	Estrutura de suporte	Contínua	Laje de betão armado
Descontínua		Madeira	

			Betão armado	
			Aço	
			Alvenaria	
			Mista	
	Sistema de ventilação	-		Micro-ventilação
				Ventilação do desvão
				Telhas de ventilação
				Beiral com ventilação
				Brandas de ventilação
				Ventiladores
	Singularidades	Sistema de remates		Remates em tubagens emergentes
				Remates em cumeeiras
				Remates no rincão
				Remates no laró
				Remates nas paredes emergentes
				Remates no beiral
				Remates nas juntas de dilatação
		Sistema de drenagem		Tubos de queda PVC
				Caleiras de alvenaria
				Caleiras metálicas
Janelas e clarabóias			Madeira	
			Alumínio	
			PVC	
			Vidro	
			Acrílico	
Alvenarias			Pedra natural	
	Betão			
	Cerâmica			

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Envolvente exterior horizontal (coberturas planas)	Estrutura de suporte	Contínua	Laje maciça
			Laje aligeirada
			Pré-lajes
		Descontínua	Pranchas vazadas
			Perfis especiais
			Chapas metálicas nervuradas
			Pranchas de madeira
	Camada de impermeabilização	Tradicional	Camadas múltiplas de asfalto
			Camadas múltiplas de emulsões betuminosas
			Camadas múltiplas de membranas, telas ou feltros betuminosos
		Não tradicional	Camadas múltiplas de resina acrílicas
			Camadas múltiplas de resinas poliméricas
			Camadas múltiplas de emulsões de betumes modificados
			Espumas de poliuretano
			Membranas de betumes modificados
			Membranas termoplásticas
			Membranas elastoméricas
	Sistema de protecção	Protecção leve	Mineral
			Sintético
			Metálico
		Protecção pesada solta	Godo
Calhau ou seixo			
Material britado			
		Betonilha	

		Protecção pesada rígida	Pavimento
			Betão simples
			Material cerâmico
			Peças de madeira
			Materiais mistos
	Singularidade	Remates	Com platibandas ou paredes emergentes
			Com coroamento de platibanda
			Em juntas de dilatação
			Com soleiras de portas
			Com tubos de queda
			Com caleiras
			Com base de apoio de equipamentos diversos
			Com tubagens emergentes
		Sistema de drenagem	Caleiras
			Tubos de queda
			Ralos
		Alvenarias	Pedra natural
			Betão
	Cerâmica		

ANEXO B.1 – ANOMALIAS ASSOCIADAS A EFM’S; MORGADO (2012)

EFM afetados em coberturas inclinadas	Anomalias existentes
A-R Anomalias em revestimentos	A-R 1 Deformações acentuadas do revestimento
	A-R 2 Desalinhamento de elementos de revestimento
	A-R 3 Desprendimento de elementos de revestimentos
	A-R 4 Acumulação de detritos e sujidade superficial
	A-R 5 Corrosão
	A-R 6 Descasque / escamação / esfoliação
	A-R 7 Desenvolvimento de vegetação parasitária
	A-R 8 Diferença de tonalidade
	A-R 9 Desagregação
	A-R 10 Fissuração / fracturação
	A-R 11 Sobreposição insuficiente ou excessiva de elementos de revestimento
A-E Anomalias na estrutura de suporte	A-E 1 Deformação excessiva
	A-E 2 Fendilhação / fracturação
	A-E 3 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-E 4 Degradação biológica, por efeito de fungos, insetos xilófagos
	A-E 5 Desagregação
	A-E 6 Esmagamentos localizados
	A-E 7 Falta de resistência, contraventamento ou rigidez
	A-E 8 Empolamentos
	A-E 9 Corrosão
	A-E 10 Umidades
A-V Anomalias no sistema de ventilação	A-V 1 Sujidade superficial ou acumulação de detritos
	A-V 2 Ausência de sistema de ventilação
	A-V 3 Distribuição incorreta dos elementos de ventilação
A-S Anomalias no sistema de remates	A-S 1 Deslocamento dos remates de impermeabilização
	A-S 2 Deslocamento dos remates
	A-S 3 Fissuração / fracturação
	A-S 4 Dimensão insuficiente dos remates
	A-S 5 Empolamentos

	A-S 6 Sujidade superficial ou acumulação de detritos
	A-S 7 Acumulação de vegetação parasitária
A-D Anomalias no sistema de drenagem	A-D 1 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-D 2 Manchas de água
	A-D 3 Acumulação de água
	A-D 4 Fraca inclinação e secção das caleiras
	A-D 5 Rotura das caleiras
	A-D 6 Corrosão
	A-D 7 Perfurações
	A-D 8 Inexistência de tubos de queda
	A-D 9 Inexistência de ralos de embocadura
A-F Anomalias nos elementos de fixação e restantes elementos metálicos	A-F 1 Corrosão
	A-F 2 Aperto insuficiente ou excessivo dos elementos de fixação
	A-F 3 Excesso ou ausência de fixações
	A-F 4 Perda de resistência
	A-F 5 Descasque
	A-F 6 Fracturação e perda de secção
A-C Anomalias em clarabóias e janelas	A-C 1 Fissuração
	A-C 2 Perfurações
	A-C 3 Pintura empolada
	A-C 4 Corrosão
	A-C 5 Defeitos na abertura
	A-C 6 Sujidade superficial e acumulação de detritos em zonas singulares
	A-C 7 Perda de estanqueidade à água – Infiltrações
	A-C 8 Ataque de fungos de podridão e insetos xilófagos
	A-C 9 Empenamento
A-A Anomalias em alvenarias da cobertura	A-A 1 Fissuração / fracturação
	A-A 2 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-A 3 Acumulação de vegetação parasitária
	A-A 4 Desagregação
	A-A 5 Esmagamento
	A-A 6 Presença de infiltrações

	A-A 7 Humidificação da alvenaria
--	----------------------------------

EFM afetados em coberturas planas	Anomalias existentes
A-E Anomalias na estrutura de suporte	A-E 1 Deformação excessiva
	A-E 2 Fendilhação / fracturação
	A-E 3 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-E 4 Degradação biológica, por efeito de fungos, insetos xilófagos
	A-R 5 Desagregação
	A-E 6 Esmagamentos localizados
	A-E 7 Falta de resistência, contraventamento ou rigidez
	A-E 8 Empolamentos
	A-E 9 Corrosão
	A-E 10 Umidades
A-I Anomalias na impermeabilização	A-I 1 Fissuração generalizada
	A-I 2 Fissuração localizada
	A-I 3 Perfurações
	A-I 4 Rasgamentos
	A-I 5 Enrugamentos ou dobras
	A-I 6 Empolamentos ou bolsas de ar
	A-I 7 Deslocamento e juntas de sobreposição das membranas
	A-I 8 Juntas de sobreposição das membranas sem largura uniforme
	A-I 9 Deformação acentuada sob os apoios de lajetas de sombreamento
	A-I 10 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-I 11 Acumulação de água e manchas de corrosão em locais pontuais
	A-I 12 Acumulação de vegetação parasitária
	A-I 13 Ausência de impermeabilização
A-L Anomalias na protecção leve da impermeabilização	A-L 1 Granulado mineral removido em áreas significativas
	A-L 2 Autoprotecção da membrana fissurada ou rasgada
	A-L 3 Granulado mineral acumulado nas zonas mais abrigadas da ação do vento
	A-P 1 Material rolado ou britado deslocado para zonas mais abrigadas do vento

A-P Anomalias na protecção pesada da impermeabilização	A-P 2 Dimensão do agregado muito variável
	A-P 3 Espessura insuficiente da camada de material rolado ou britado
	A-P 4 Lajetas de sombreamento partidas e desniveladas
	A-P 5 Inexistência de juntas de esquartelamento
	A-P 6 Deslocamento de ladrilhos colados
	A-P 7 Fissuração / fractura de ladrilhos
	A-P 8 Eflorescência
	A-P 9 Fissuração da betonilha ou da camada de betão da protecção pesada
	A-P 10 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-P 11 Acumulação de água e manchas de corrosão em locais pontuais
	A-P 12 Acumulação de vegetação parasitária
	A-S Anomalias no sistema de remates
A-S 2 Fissuração dos remates nas juntas de dilatação	
A-S 3 Insuficiente altura dos remates	
A-S 4 Fluência ou deslizamento dos remates	
A-S 5 Inadequado capeamento do coroamento das platibandas	
A-S 6 Deslocamento dos remates	
A-S 7 Sujidade superficial, acumulação de detritos e vegetação parasitária	
A-D Anomalias em sistemas de drenagem	A-D 1 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-D 2 Manchas de água
	A-D 3 Fissuração / fracturação
	A-D 4 Fraca inclinação e secção das caleiras
	A-D 5 Rotura das caleiras
	A-D 6 Corrosão
	A-D 7 Perfurações
	A-D 8 Inexistência de tubos de queda
	A-D 9 Inexistência de ralos e embocadura
A-F Anomalias nos elementos de fixação e restantes elementos metálicos	A-F 1 Corrosão
	A-F 2 Aperto insuficiente ou excessivo dos elementos de fixação
	A-F 3 Excesso ou ausência de fixações
	A-F 4 Perda de resistência
	A-F 5 Descasque

	A-F 6 Fracturação e perda de secção
A-A Anomalias em alvenarias da cobertura	A-A 1 Fissuração / fracturação
	A-A 2 Sujidade superficial e acumulação de detritos
	A-A 3 Acumulação de vegetação parasitária
	A-A 4 Desagregação
	A-A 5 Esmagamento
	A-A 6 Presença de infiltrações
	A-A 7 Humidificação da alvenaria

ANEXO C.1 – FOLHA DE IDENTIFICAÇÃO; MORGADO (2012)

Ficha de Inspeção N.º							
Técnico responsável							
Data da inspeção							
INFORMAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO							
Nome / localização do edifício							
Ano da construção							
Caracterização funcional	Comércio		Habitação		Serviço		Outro
N.º de pisos							
Tipo de envolvente	Rural		Urbana		Marítima		
Contatos efetuados	Proprietário		Projetista		Empreiteiro		Outro
Intervenções anteriores na cobertura							
Datas							
Responsáveis							
Observações							

Identificação fotográfica

ANEXO D.1 – CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS; MORGADO (2012)

Caracterização de coberturas planas				
Acessibilidade da cobertura	Não acessível		Acessível a veículos	
	Acessível a pessoas		Especiais	
Área da cobertura				
Elementos fonte de manutenção	Estrutura de suporte	Continua	Laje maciça	
			Laje aligeirada	
			Pré-lajes	
		Descontínuas	Pranchas vazadas	
			Perfis especiais	
			Chapas metálicas nervuradas	
	Camada de impermeabilização	Tradicional	Pranchas de madeira	
			Camadas múltiplas de asfalto	
			Camadas múltiplas de emulsões betuminosas	
		Não tradicional	Camadas múltiplas de membranas, telas ou feltros betuminosos	
			Camadas múltiplas de resina acrílicas	
			Camadas múltiplas de resinas poliméricas	
			Camadas múltiplas de emulsões de betumes modificados	
			Espumas de poliuretano	
			Membranas de betumes modificados	
			Membranas termoplásticas	
	Membranas elastoméricas			
	Sistema de protecção	Protecção leve	Mineral	
			Sintético	
			Metálica	
		Protecção pesada solta	Godó	
			Calhau ou seixo	
		Protecção pesada rígida	Material britado	
			Betonilha	
			Pavimento	
			Betão simples	
			Material cerâmico	
	Singularidades	Sistema de remates	Peças de madeira	
			Materiais mistos	
			Com platibandas ou paredes emergentes	
			Com coroamento de platibanda	
			Em juntas de dilatação	
			Com soleiras de portas	
			Com tubos de queda	
		Com caleiras		
		Sistema de drenagem	Com base de apoio de equipamentos diversos	
			Com tubagens emergentes	
			Caleiras	
		Alvenarias	Tubos de queda	
			Ralos	
Pedra natural				
	Betão			
	Cerâmica			

Caracterização de coberturas inclinadas				
Forma da cobertura	Regular uma água		Regular quatro águas	
	Regular duas águas		Pavilhão	
	Regular três águas		Irregular	
Área da cobertura				
Inclinação da cobertura				
Elementos fonte de manutenção	Revestimentos	Pétreo natural	Soletos de ardósia	
			Granito	
			Xisto	
		Pétreo artificial	Fibrocimento	
			Telha cerâmica	
			Telha de micro-betão	
		Metálico	Vidro	
			Zinco	
			Aço	
			Alumínio	
			Ferro	
			Chumbo	
		Plástico	Cobre	
			Chapa de policarbonato alveolar (PC)	
			Chapa de policloreto de vinilo (PVC)	
			Chapa de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV)	
		Misto	Chapa de polimetacrilato de metilo (PMMA)	
			Telha asfáltica	
			Painel sandwich	
	Chapas de bio-fibras			
	Chapas de aço revestidas com betume e folhas de alumínio			
	Estrutura de suporte	Continua	Telha de soletos metálicos com grânulos minerais	
		Descontinua	Laje de betão armado	
	Sistema de ventilação		Madeira	
			Betão armado	
			Aço	
			Alvenaria	
			Mista	
			Micro-ventilação	
	Singularidades	Sistema de remates	Ventilação do desvão	
			Telhas de ventilação	
			Beiral com ventilação	
			Bandas de ventilação	
			Ventiladores	
			Remates em tubagens emergentes	
		Sistema de drenagem	Remates em cumeeiras	
			Remates no rincão	
			Remates no laró	
		Janelas e clarabóias	Remates nas paredes emergentes	
			Remates no beiral	
			Remates nas juntas de dilatação	
		Alvenarias	Tubos de queda PVC	
			Metal	
			Caleiras de alvenaria	
	Caleiras metálicas			
	Madeira			
	Alumínio			
	PVC			
	Vidro			
	Acrílico			
		Pedra natural		
		Cimento		
		Cerâmica		

ANEXOS II – REQUISITOS BÁSICOS E CONSTITUINTES DOS SISTEMAS DE COBERTURA

ANEXO A.2 – Mapeamento Sistemático da Literatura

BASE DE DADOS - <i>ISI WEB OF SCIENCE</i>				
Subcategorias	1. Barra de Busca – Categoria: Tópico	1º Filtro 2009-2019	2º Filtro Categorias	3º Filtro Artigo
Segurança Estrutural	<i>Roof Structural Safety</i>	217 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Green Sustainable Science Technology; Materials Science Paper Wood</i>	136 Resultados 76 Resultados
Segurança contra incêndios	<i>Fire Safety Cover</i>	253 Resultados	<i>Architecture; Engineering Civil; Materials Science Composites; Construction Building Technology; Management</i>	70 Resultados 43 Resultados
	<i>Fire Safety on Roofs</i>	60 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Materials Science Multidisciplinary</i>	33 Resultados 23 Resultados
Segurança contra intrusões	<i>Roof Access Security</i>	20 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Green Sustainable Science Technology</i>	3 Resultados 3 Resultados
Estanqueidade	<i>Roof Tightness and Roofing</i>	46 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Materials Science Composites</i>	24 Resultados 13 Resultados

Control higrotérmico	<i>Roofs Hygrothermal Control</i>	8 Resultados	<i>Construction Building Technology; Engineering Civil; Materials Science Multidisciplinary; Materials Science Paper Wood</i>	8 Resultados	7 Resultados
Conforto acústico	<i>Roof Acoustics</i>	249 Resultados	<i>Acoustics; Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Materials Science Composites; Materials Science Paper Wood</i>	104 Resultados	77 Resultados
Conforto visual	<i>Systems Comfort Roofing Visual</i>	17 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Green Sustainable Science Technology; Engineering Civil; Engineering Environmental; Materials Science Multidisciplinary; Urban Studies</i>	12 Resultados	8 Resultados
	<i>Roofs Visual Comfort</i>	37 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Green Sustainable Science Technology</i>	23 Resultados	16 Resultados
	<i>Roofs Visual Systems</i>	123 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Green Sustainable Science Technology; Management</i>	40 Resultados	19 Resultados

Aspecto	<i>“Roofs” and “Aspect”</i>	113 Resultados	<i>Acoustics; Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil</i>	34 Resultados	27 Resultados
Geométricas e de estabilidade dimensional	<i>Roofs and Geometry and Dimensional Stability</i>	8 Resultados	<i>Architecture; Engineering Civil</i>	3 Resultados	2 Resultados
Conservação das características dos materiais	<i>Conservation of Roofing Materials</i>	168 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Materials Science Characterization Testing</i>	75 Resultados	39 Resultados
	<i>Conservation of Roofing Materials Characteristics</i>	23 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Green Sustainable Science Technology</i>	7 Resultados	2 Resultados
Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	<i>Roofing Cleaning, Maintenance and Repair</i>	3 Resultados	<i>Construction Building Technology; Engineering Civil</i>	2 Resultados	2 Resultados
Processo construtivo	<i>Roofs Construction Process</i>	531 Resultados	<i>Acoustics; Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Management</i>	256 Resultados	139 Resultados

	<i>Roofs Construction Process and Strength</i>	53 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Management</i>	24 Resultados	13 Resultados
Ambiental	<i>Roofing Environmental Production Process</i>	56 Resultados	<i>Architecture; Construction Building Technology; Engineering Civil; Environmental Science; Environmental Studies; Green Sustainable Science Technology</i>	30 Resultados	23 Resultados
Limitação de custo global	<i>Economic Analysis Coverage System</i>	840 Resultados	<i>Construction Building Technology; Engineering Civil; Management; Statistics Probability</i>	29 Resultados	24 Resultados
BASE DE DADOS - SCOPUS					
Subcategorias	1. Barra de Busca – Categoria: Tópico	1º Filtro 2009-2019	2º Filtro Categorias	3º Filtro Artigo	
Segurança Estrutural	<i>Roof Structural Safety</i>	670 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Materials Science</i>	562 Resultados	297 Resultados
Segurança contra incêndios	<i>Fire Safety Cover</i>	361 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Materials Science</i>	241 Resultados	89 Resultados
	<i>Fire Safety on Roofs</i>	163 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Materials Science</i>	125 Resultados	63 Resultados

Segurança contra intrusões	<i>Roof Access Security</i>	25 Resultados	<i>Engineering; Materials Science</i>	10 Resultados	0 Resultados
Estanqueidade	<i>Roof Tightness and Roofing</i>	3 Resultados	<i>Engineering Civil; Materials Science Composites</i>	5 Resultados	2 Resultados
Controle higrotérmico	<i>Roofs Hygrothermal Control</i>	20 Resultados	<i>Engineering Civil; Materials Science</i>	24 Resultados	12 Resultados
Conforto acústico	<i>Roof Acoustics</i>	568 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering Civil; Materials Science; Mathematics</i>	305 Resultados	200 Resultados
Conforto visual	<i>Systems Comfort Roofing Visual</i>	2 Resultados	<i>Engineering; Environmental Science; Materials Science</i>	2 Resultados	1 Resultados
	<i>Roofs Visual Comfort</i>	28 Resultados	<i>Engineering; Materials Science</i>	21 Resultados	13 Resultados
	<i>Roofs Visual Systems</i>	191 Resultados	<i>Engineering; Materials Science; Business, Management and Accounting; Multidisciplinary</i>	100 Resultados	42 Resultados

Aspecto	<i>“Roofs” and “Aspect”</i>	1507 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Materials Science</i>	768 Resultados	439 Resultados
Geométricas e de estabilidade dimensional	<i>Roofs and Geometry and Dimensional Stability</i>	19 Resultados	<i>Engineering;</i>	11 Resultados	7 Resultados
Conservação das características dos materiais	<i>Conservation of Roofing Materials</i>	89 Resultados	<i>Engineering; Materials Science; Business, Management and Accounting</i>	51 Resultados	26 Resultados
	<i>Conservation of Roofing Materials Characteristics</i>	6 Resultados	<i>Engineering; Materials Science</i>	4 Resultados	2 Resultados
Limpeza, manutenção e reparação (LMR)	<i>Roofing Cleaning, Maintenance and Repair</i>	1 Resultados	<i>0 Resultados</i>	0 Resultados	0 Resultados
Processo construtivo	<i>Roofs Construction Process</i>	939 Resultados	<i>Business, Management and Accounting Engineering; Materials Science</i>	676 Resultados	352 Resultados
	<i>Roofs Construction Process and Strength</i>	104 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Materials Science; Multidisciplinary</i>	85 Resultados	47 Resultados

Ambiental	<i>Roofing Environmental Production Process</i>	11 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Environmental Science; Materials Science</i>	8 Resultados	6 Resultados
Limitação de custo global	<i>Economic Analysis Coverage System</i>	1494 Resultados	<i>Business, Management and Accounting; Engineering; Environmental Science; Materials Science</i>	479 Resultados	296 Resultados

ANEXO B.2 - A análise de verificação do Sim e do Não e a distribuição de pesos.

A verificação do Não acontece quando este item não se enquadra na categoria dos critérios descritos.

1 – Critérios para as exigências de segurança

1.1 - Segurança Estrutural

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
	SIM		Peso (%)
<i>Atendimento</i>	E.1.1.1	Os elementos de revestimento, bem como aqueles que os suportam, devem ter um comportamento adequado quando solicitados à flexão e capacidade de resistir às cargas concentradas a que estarão sujeitos. Estas ações poderão ter origem na circulação de pessoas para conservação (ação de punçamento e queda acidental de objetos) manutenção ou reparo da cobertura e na ação do vento ou da queda de granizo (ação de agentes atmosféricos).	20,8
	E.1.1.2	Deve apresentar um nível satisfatório de segurança contra ruína e não apresentar avarias ou deformações e deslocamentos que prejudiquem a funcionalidade do Sistema de Cobertura ou dos sistemas contíguos.	20,8
	E.1.1.3	No caso de impermeabilização com mantas ou membranas totalmente aderidas ao substrato, expostas as intempéries sem proteção mecânica, o sistema aplicado sobre a base representativa deve ter resistência de aderência à tração maior ou igual a 200kPa.	20,8
	Total (pesos)		≈62,5
NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR			
Quando os elementos de revestimento e estruturais não apresentarem um comportamento adequando à flexão e não resistir às cargas concentradas, evitando deformações e deslocamentos.			
Quando as mantas ou membranas de impermeabilização sem proteção mecânica apresentarem resistência de aderência à tração menor que 200kPa.			

1.2- Segurança contra incêndios (reação dos materiais ao fogo)

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.1.2.1	A reação do fogo aos materiais de revestimento e acabamento devem ser dificultados. A propagação de chamas no ambiente de origem do incêndio não deve criar impedimento visual que dificulte a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.	12,2
	E.1.2.2	A cobertura da edificação deve possuir a proteção contra descargas atmosféricas, atendendo ao estabelecido na ABNT NBR 5419 e demais normas brasileiras aplicáveis.	12,2
	Total (pesos)		24,4
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando os materiais empregados no Sistema de cobertura não dificultar a propagação de incêndio.		
Quando a cobertura não possuir proteção quando descargas atmosféricas.			

1.3 – Segurança contra intrusões

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.1.3.1	Quando o acesso à cobertura e, através dela, ao interior do espaço habitado for dificultado a todas as pessoas que não estejam autorizadas para tal, assim como animais.	0,5
	E.1.3.2	Quando os elementos de revestimento forem resistentes para que não sejam facilmente danificados e removidos permitindo o acesso indevido ao interior do edifício.	0,5
	Total (pesos)		0,10
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando o Sistema de cobertura possuir elementos de revestimentos frágeis e permitir o acesso de pessoas e animais ao interior do espaço edificado.		

2 – Critérios para as exigências de habitabilidade

2.1 - Estanqueidade à água

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.1.1	Os materiais dos elementos de revestimentos deverão ser impermeáveis, ou apresentar características adequadas de resistência à passagem de água. Evitar a formação de umidade e a proliferação de insetos e microrganismos.	0,28
	E.2.1.2	Durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, não deve ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando-se as condições de exposição de todas as suas confluências e interações com componentes ou dispositivos ¹⁸ , (independentemente da impermeabilidade do material já tratado): Parafusos, calhas, vigas-calhas, lajes planas, componentes de ancoragem, arremates, regiões de cumeeiras, arremates e subcoberturas.	0,28
	Total (pesos)		≈ 0,56
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando os materiais não forem estanque, ocorrendo a penetração ou infiltração da água da chuva.		
Quando apresentarem formação de umidade e a proliferação de insetos e microrganismos.			

2.2 – Controle higrotérmico

Explicação: Está associado às questões de temperatura e umidade e o risco de condensações. O nível de isolamento térmico é traduzido pelo coeficiente de transmissão térmica (K), expresso em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$.

¹⁸ O critério enfoca a estanqueidade das regiões centrais dos panos, regidas sobretudo pelas propriedades físicas do material constituinte das telhas (porosidade, absorção de água, permeabilidade), pelas sobreposições laterais e longitudinais, pelos tipos de encaixes e sistema de fixação ou acoplamento das telhas, pela regularidade dimensional das peças e pela declividade e extensão dos panos (além dos índices pluviométricos, direção e intensidade do vento na região de implantação da edificação).

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.2.1	O Sistema deve apresentar Isolamento térmico contribuindo para o desempenho térmico e acústico.	0,54
	E.2.2.2	O Sistema de cobertura se possível, deve ser provida ou permitir o uso de ventilação por razões de conforto térmico de Verão e comportamento higrotérmico de Inverno, de forma a reduzir a umidade absoluta.	0,54
	Total (pesos)		≈ 1,07
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
Quando os materiais de revestimento não possuir o controle da higroscopicidade.			
Quando o sistema não apresentar um isolamento térmico adequado, de modo a reduzir o valor do coeficiente de transmissão térmica (K), pois quando menor o coeficiente menor serão as trocas de calor entre o exterior e o interior através da cobertura.			

2.3 – Conforto acústico

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.3.1	Os níveis de conforto acústico devem estar de acordo com os valores estipulados pela ABNT NBR 10152:2017 para edifícios de escritórios.	13
	E.2.3.2	Deve ser realizada aferições acústicas <i>in loco</i> com o uso de um sonômetro por empresa especializada, assim como também os cálculos dos elementos que compõem ou irá compor o Sistema de Cobertura.	13
	Total (pesos)		26
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
O não atendimento do critério se dará quando o sistema após a aferição não estiver de acordo com os valores estipulados pela ABNT NBR 10152:2017 para o conforto acústico.			

2.4 – Conforto visual

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.4.1	Quando a cor dos elementos de revestimentos não provocar incomodidade visual (reflexão da luz solar).	3,75
	E.2.4.2	Quando obter um equilíbrio entre as exigências de conforto visual e as exigências de conforto térmico, evitando recurso a materiais de revestimento de cor escura e assim evitando uma absorção de calor significativa.	3,75
	Total (pesos)		≈ 7,50
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Se cor dos elementos de revestimento provocarem incomodidade visual, nomeadamente a que é originada pela reflexão da luz solar pelos seus materiais constituintes.		
Escolha de materiais de revestimento de cor escura.			

2.5 – Aspecto

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.5.1	A exigência de aspecto está relacionada com a uniformidade de cor e textura dos materiais de revestimento.	52,7
	Total (pesos)		52,7
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
Caso a cor e textura dos materiais de revestimento apresentarem variações irá torna-lo inaceitável.			

2.6 - Geométricas e de estabilidade dimensional

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.2.6.1	Quando a variação geométrica das telhas for mínima, para que no processo de aplicação não surja dificuldades no cumprimento de alguns requisitos como a sobreposição, a distribuição de pontos de fixação, dentre outros.	0,08
	E.2.6.2	Quando a variação limite especificada pelo fabricante corresponder com a conferência <i>in loco</i> .	0,08
	Total (pesos)		≈ 0,17
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando a variação geométrica das telhas for significativa ao ponto que no processo de aplicação venha a surgir dificuldades, ou caso apresente defeitos na verificação de telhados montados.		
Quando a variação limite especificada pelo fabricante não corresponder com a conferência <i>in loco</i> .			

3 – Critérios para as exigências de durabilidade

3.1 – Conservação das características dos materiais

O Sistema de Cobertura deve ser submetido a intervenções periódicas de manutenção e conservação.

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.3.1.1	Os elementos de revestimento devem resistir a ação de agentes químicos (por exemplo, chuvas ácidas), sendo garantida a sua compatibilidade com o meio ambiente e as suas condições de agressividade.	32,3
	E.3.1.2	Os elementos de revestimento de cobertura devem ser susceptíveis e resistentes aos raios solares ao longo do tempo sem sofrerem desagregação, mantendo suas características dimensionais ao longo do tempo de vida útil, sobretudo quando solicitados por ações resultantes de variações de temperatura.	32,3
	E.3.1.3	A geometria do telhado deve possuir estabilidade dimensional com geometria uniforme e correta sobreposição de juntas.	32,3

	Total (pesos)	≈ 97
NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
Quando os elementos de revestimento não resistirem a ação de agentes químicos.		
Quando os elementos de revestimento de cobertura não forem resistentes aos raios solares ao longo do tempo e sofrerem degradação, alterando suas características dimensionais.		
Quando a geometria do telhado não possuir estabilidade dimensional, geometria uniforme e a correta sobreposição de juntas.		

3.2 – Limpeza, manutenção e reparação (LMR)

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
SIM		Peso (%)	
<i>Atendimento</i>	E.3.2.1	Ao longo do tempo, os elementos de revestimento de cobertura devem receber operações de limpeza, manutenção e reparação pertinentes e recomendadas. Para isto, deve entrar em contato com a área de infraestrutura e manutenção da edificação e verificar se está sendo realizado este critério.	0,5
	E.3.2.2	Os materiais e os elementos de revestimento, bem como a cobertura no seu todo (incluindo zonas singulares, dispositivos de drenagem, etc.) devem apresentar características que permitam a execução fácil e eficiente de operações de limpeza, manutenção e reparação, incluindo a previsão de percursos de circulação sobre a cobertura, respeitando todas as normas de segurança.	0,5
	Total (pesos)		1
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
Quando os elementos de revestimento de cobertura estiverem sujos, sem manutenção e sem reparação.			
Quando a cobertura não for planejada com espaços destinados a manutenção e reparação dos elementos.			

4 – Critérios para as exigências de economia

Devem ser entendidas em um contexto de otimização de recursos a diversos níveis, nomeadamente, processo construtivo, manutenção e reparação.

4.1 – Processo construtivo

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.4.1.1	Os materiais devem possuir resistência ao transporte, armazenamento e manuseamento, ou outros como a facilidade de corte e adaptação para execução de remates e passagem de tubagem para uma adequada execução.	61,2
	Total (pesos)		61,2
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando os materiais não possuem resistência e trabalhabilidade.		

4.2 – Ambiental

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.4.2.1	Todas as fases do processo produtivo e o modo de exploração dos produtos naturais para a fabricação dos componentes de cobertura, devem possuir um nível de sustentabilidade no seu desenvolvimento.	1,1
	Total (pesos)		1,1
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
	Quando os elementos que compõem o sistema de cobertura não possuem um nível de sustentabilidade nos quesitos ambientais de exploração, desde o processo inicial ao processo final.		

4.3 – Limitação de custo global

ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DO <u>SIM</u> E DO <u>NÃO</u>			
Atendimento	SIM		Peso (%)
	E.4.3.1	A escolha do sistema de revestimento a adotar ou adotado deve depender de uma análise econômica de custos.	11,85
	E.4.3.2	Tais custos devem ser verificados se foram considerados para a aquisição dos sistemas de cobertura: <ul style="list-style-type: none"> • Custo inicial de aquisição dos elementos de revestimento; • Custo referente à sua aplicação, incluindo mão-de-obra, equipamento e materiais auxiliares como sistema de apoio, fixações, complementos de estanqueidade, etc.; • Custo referente à sua manutenção, incluindo periodicidade, materiais e equipamentos necessários; • Custo referente à sua reparação, incluindo os mesmos itens. 	11,85
	Total (pesos)		23,7
	NÃO ATENDIMENTO AO REQUISITO ANTERIOR		
Quando não tiver sido realizado uma análise econômica de custos.			

ANEXO C.2 - Aplicação das exigências funcionais para os novos sistemas

Atendimento dos requisitos funcionais

EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS SISTEMAS PROPOSTOS															
Subcategorias	S6			S7			S8			S9			S10		
	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1
<i>1.1- S.E.</i>		0		1				0			0			0	
<i>1.2- S.C.I.</i>	1			1			1			1			1		
<i>1.3- S.C.I.</i>		0		1			1			1			1		
Peso (%)	24,4	62,6	-	87	-	-	24,5	62,5	-	24,5	62,5	-	24,5	62,5	-
<i>2.1- E.A.</i>		0			0		1			1			1		
<i>2.2- C.H.</i>		0			0			0			0			0	
<i>2.3- C.A.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.4- C.V.</i>	1			1			1			1				0	
<i>2.5- A.</i>	1			1			1			1			1		
<i>2.6- G.E.D.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	86,37	1,63	-	86,37	1,63	-	86,93	1,07	-	86,93	1,07	-	79,43	8,57	-
<i>3.1- C.C.M.</i>	1				0		1				0			0	
<i>3.2- L.M.R.</i>	1			1			1			1				0	
Peso (%)	98	-	-	1	97	-	98	-	-	1	97	-	-	97	-
<i>4.1- P.C.</i>		0			0		1				0		1		
<i>4.2- A.</i>		0			0		1			1				0	
<i>4.3- L.C.G.</i>	1			1			1			1			1		
Peso (%)	23,7	62,3	-	23,7	62,3	-	86	-	-	24,8	61,2	-	84,9	1,1	-

* 1-Sim; 0 - Não; -1 Não se Aplica (NAP).

Total de atendimento das exigências para os sistemas propostos

Categorias	Peso total	Pesos Distribuídos									
		Sistema 6		Sistema 7		Sistema 8		Sistema 9		Sistema 10	
		Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Exigências de Segurança	87%	24,4%	62,6%	87%	-	24,5%	62,5%	24,5%	62,5%	24,5%	62,5%
Exigências de Habitabilidade	88%	86,37%	1,63%	86,37%	1,63%	86,93%	1,07%	86,93%	1,07%	79,43%	8,57%
Exigências de Durabilidade	98%	98%	-	1%	97%	98%	-	1%	97%	-	97%
Exigências de Economia	86%	23,7%	62,3%	23,7%	62,3%	86%	-	24,8%	61,2%	84,9%	1,1%
Total de pesos	359	232,47%	-	198,07%	-	295,43%	-	137,23%	-	188,83%	-
Total de atendimento		64,7%		55,2%		82,3%		38,2%		52,6%	

ANEXO III – DADOS DE ENTRADA PARA O MÉTODO SIMPLIFICADO

ANEXO A.3 – ABSORTÂNCIA (α) PARA RADIAÇÃO SOLAR (ONDAS CURTAS) E EMISSIVIDADE PARA RADIAÇÕES A TEMPERATURAS COMUNS (ONDAS LONGAS); ABNT NBR 15220:2005.

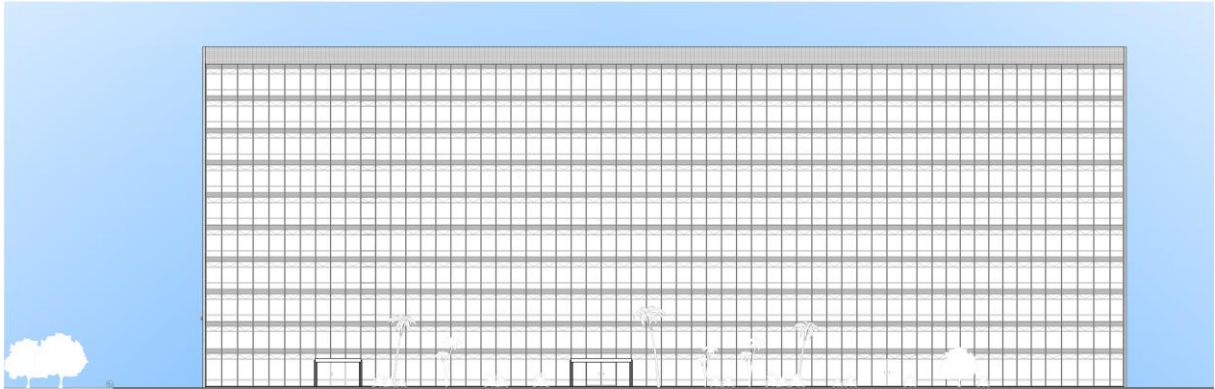
Tipo de superfície	α	ϵ
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura: Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde Clara	0,40	0,90
“Alumínio”	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

ANEXO B.3 – ANEXO GERAL V- Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. (INMETRO, 2015)

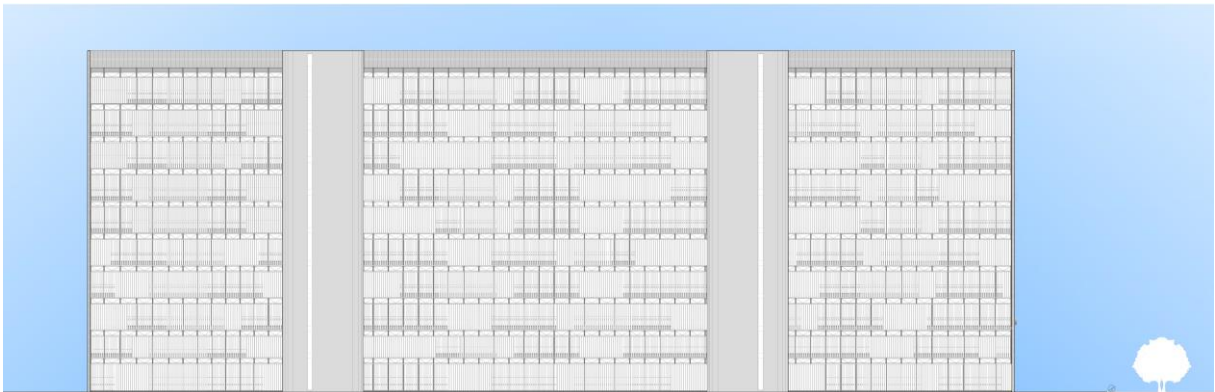
Tipo	Número	Cor	Nome	α	Tipo	Número	Cor	Nome	α
Acrilica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4	Látex PVA Fosca	40		Branco Gelo	34,0
	02		Amarelo Terra	64,3		41		Erva doce	21,9
	03		Areia	44,9		42		Flamingo	46,8
	04		Azul	73,3		43		Laranja	39,9
	05		Azul Imperial	66,9		44		Marfim	29,7
	06		Branco	15,8		45		Palha	28,5
	07		Branco Gelo	37,2		46		Pérola	25,7
	08		Camurça	57,4	47		Pêssego	39,5	
	09		Concreto	74,5	Acrilica Fosca	48		Alecrim	64,0
	10		Flamingo	49,5		49		Azul bali	48,9
	11		Jade	52,3		50		Branco Neve	10,2
	12		Marfim	33,6		51		Branco Gelo	29,7
	13		Palha	36,7		52		Camurça	55,8
	14		Pérola	33,0		53		Concreto	71,5
	15		Pêssego	42,8		54		Marfim	26,7
	16		Tabaco	78,1		55		Marrocos	54,7
	17		Terracota	64,6		56		Mel	41,8
18		Amarelo Antigo	49,7	57			Palha	27,2	
19		Amarelo Terra	68,6	58			Pérola	22,1	
20		Azul	79,9	59			Pêssego	35,0	
21		Branco Gelo	36,2	60			Telha	70,8	
22		Cinza	86,4	61			Vanila	23,9	
23		Cinza BR	61,1	Látex PVA Fosca	62		Amarelo Canário	25,2	
24		Crepúsculo	66,0		63		Areia	35,7	
25		Flamingo	47,3		64		Azul Profundo	76,0	
26		Marfim	33,9		65		Branco Neve	16,2	
27		Palha	39,6		66		Branco Gelo	28,1	
28		Pérola	33,9		67		Camurça	53,2	
29		Preto	97,1		68		Cerâmica	65,3	
30		Telha	69,6		69		Concreto	71,6	
31		Terracota	68,4		70		Flamingo	44,4	
32		Verde Quadra	75,5		71		Marfim	24,5	
33		Vermelho	64,2		72		Palha	26,4	
34		Amarelo Canário	29,3		73		Pérola	22,9	
35		Amarelo Terra	61,4		74		Pêssego	29,8	
36		Areia	39,0		75		Preto	97,4	
37		Azul angra	32,3		76		Vanila	27,7	
38		Bianco Sereno	26,6		77		Verde Musgo	79,8	
39		Branco	11,1		78		Vermelho Cardinal	63,3	

* As imagens das cores aqui apresentadas podem não representar com exatidão a cor da tinta quando aplicada sobre as superfícies construtivas.

* α : 300 a 2500 nm (Espectro solar total).



- Fachada Leste



- Fachada Oeste

ANEXO D.3

Avaliação do desempenho térmico e acústico dos sistemas propostos

DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DOS SISTEMAS PROPOSTOS

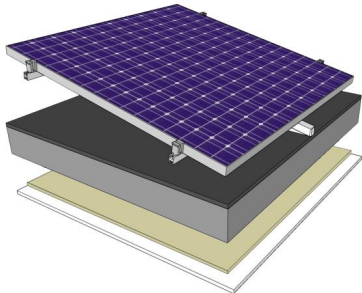
ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS – BLOCO “E” / BLOCO “F”

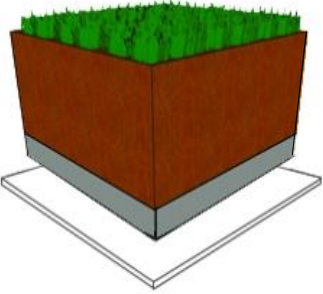
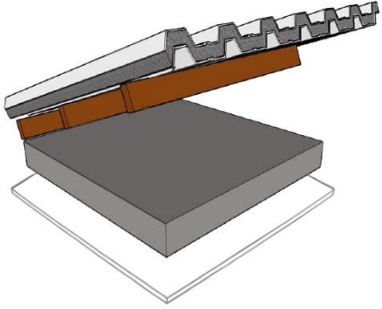
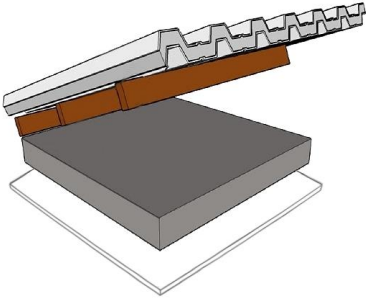
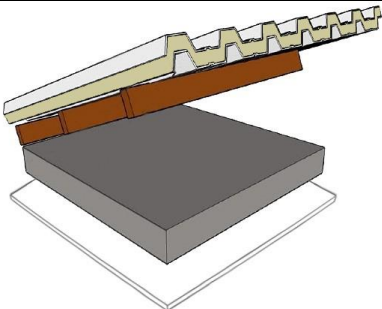
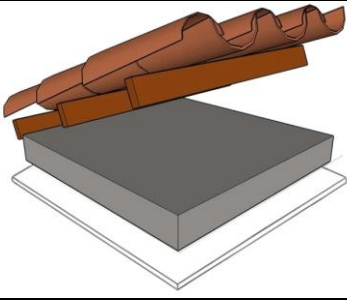
Local avaliado: 9º pavimento do Bloco “E” e Bloco “F” – Esplanada dos Ministérios

Área do ambiente: 1488m²

Pé direito: 2,50m

Volume: 3705,12m³

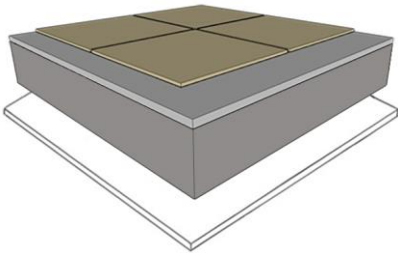
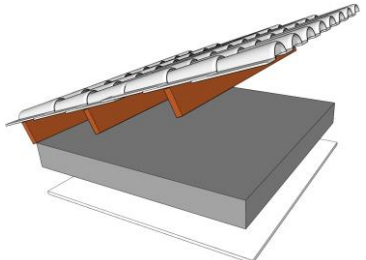
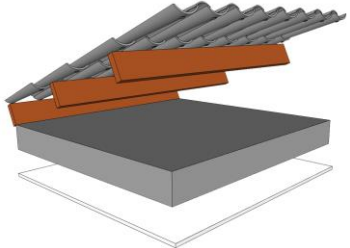
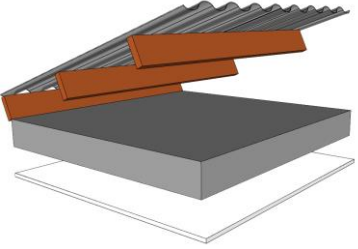
S1		RT	U _{COB}	CT _{COB}	φ	α _{COB}	FS _o
		(m ² .K/W)	(W/m ² K)	(kJ/m ² .K)	(horas)		
		2,04	0,49	483,2	20,5	NAP	NAP
		Sistema deve atenuar			D_{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB			52,2		

S2		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o	
		1,39	0,71	971,2	23,3	0,2	0,56	
		Sistema deve atenuar				D _{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB				59,2		
S3		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o	
		2,08	0,5	379	23,5	0,4	0,8	
		Sistema deve atenuar				D _{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB				55,2		
S4		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o	
		1,74	0,6	379	20,4	0,4	0,96	
		Sistema deve atenuar				D _{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB				61,2		
S5		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o	
		1,30	0,8	376,9	13,2	0,4	1,28	
		Sistema deve atenuar				D _{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB				61,2		
S6		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB} ¹⁹	FS _o	
		0,75	1,3	386,2	9,3	0,72	3,7	
		Sistema deve atenuar				D _{2m,nT,w} (dB)		
		60 – 45 = 15dB				44,2		
S7		RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)	CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB} ²⁰	FS _o	

¹⁹ Dado retirado do artigo – Eficiência térmica de materiais de cobertura (MUNIZ-GÄAL et al., 2018).

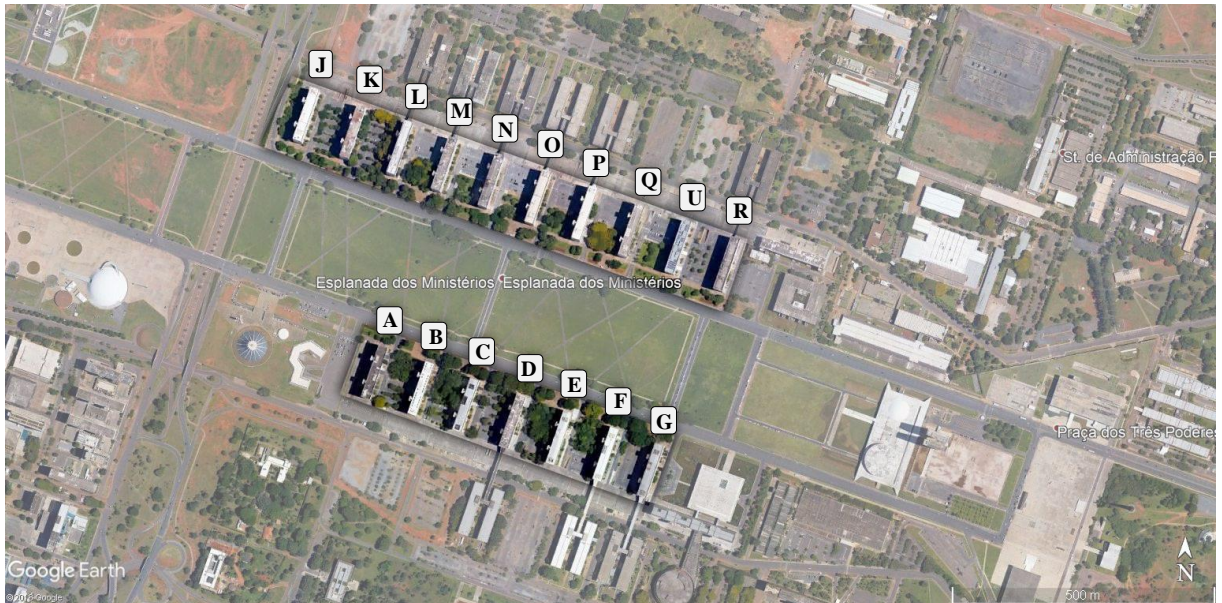
²⁰ ¹⁶ Dado retirado do Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros (INMETRO, 2015) (Anexo A.3).

¹⁷ Dado retirado do artigo – Eficiência térmica de materiais de cobertura (MUNIZ-GÄAL et al., 2018).

		0,58	1,7	417,6	8,6	0,36	2,4	
		Sistema deve atenuar			D_{2m,nT,w} (dB)			
		60 – 45 = 15dB			46,2			
S8		RT (m ² .K/W)	U_{COB} (W/m ² K)	CT_{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α_{COB}²¹	FS_o	
		0,71	1,40	393,8	10,7	0,36	2,0	
		Sistema deve atenuar			D_{2m,nT,w} (dB)			
		60 – 45 = 15dB			53,2			
S9		RT (m ² .K/W)	U_{COB} (W/m ² K)	CT_{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α_{COB}²²	FS_o	
		0,75	1,17	433,8	12	0,79	3,6	
		Sistema deve atenuar			D_{2m,nT,w} (dB)			
		60 – 45 = 15dB			44,2			
S10		RT (m ² .K/W)	U_{COB} (W/m ² K)	CT_{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α_{COB}²³	FS_o	
		0,72	1,39	387,8	10,7	0,61	3,3	
		Sistema deve atenuar			D_{2m,nT,w} (dB)			
		60 – 45 = 15dB			53,2			

¹⁸ Dados retirados do Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros (INMETRO, 2015) (Anexo A.3).

ANEXO E.3



Situação dos Edifícios dos Ministérios com as iniciais de cada Bloco (Adaptado de GOOGLE EARTH, 2019).

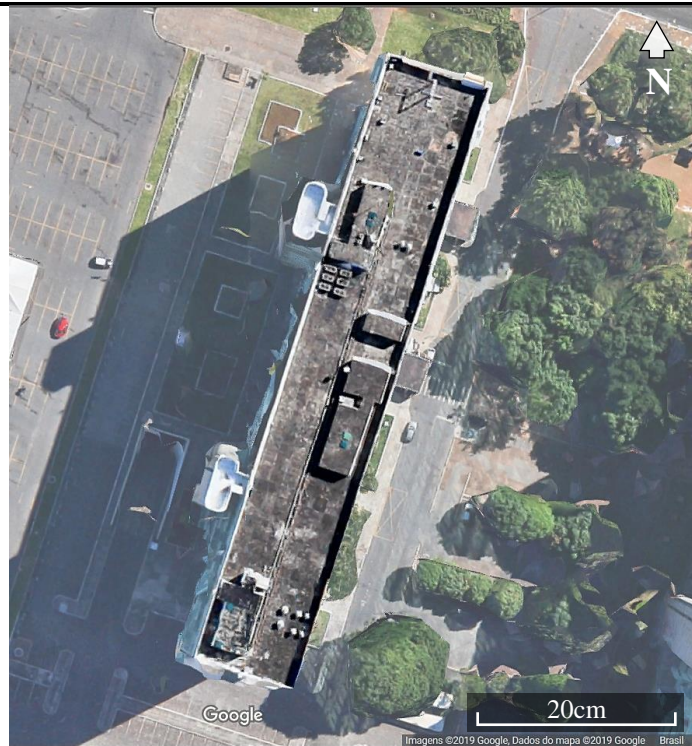
Ampliação das coberturas dos Blocos da Esplanada dos Ministérios e seus sistemas²⁴
(Adaptado do GOOGLE EARTH, 2019)

BLOCO A – Ministério da cidadania, controladoria geral da união

Manta betuminosa (3cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.

***obs:** cobertura em reforma. Troca da manta.

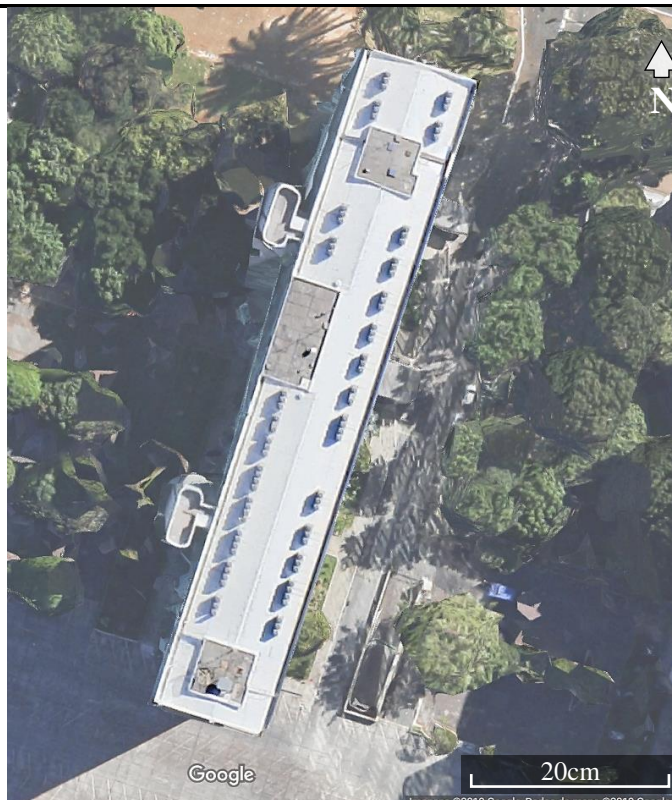


²⁴ Informações da composição do sistema fornecidas pelo departamento de engenharia de cada Ministério.

BLOCO B – Ministério da cidadania e meio ambiente

Telha Metálica Branca termo acústica (0,6cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

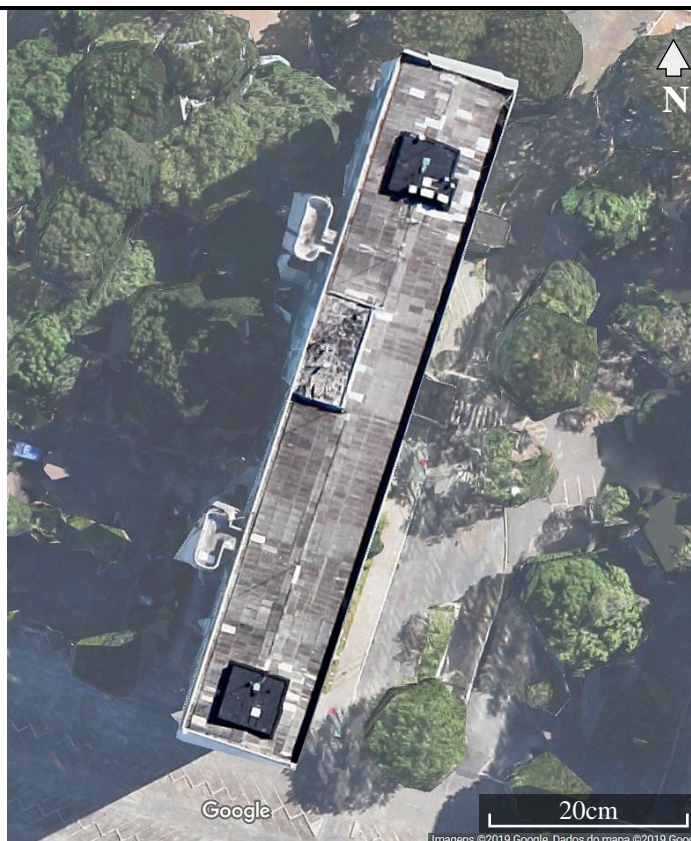
- Presença de Chiller,
- Calhas com manta aluminizada,
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO C – Ministério da economia

Telha fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

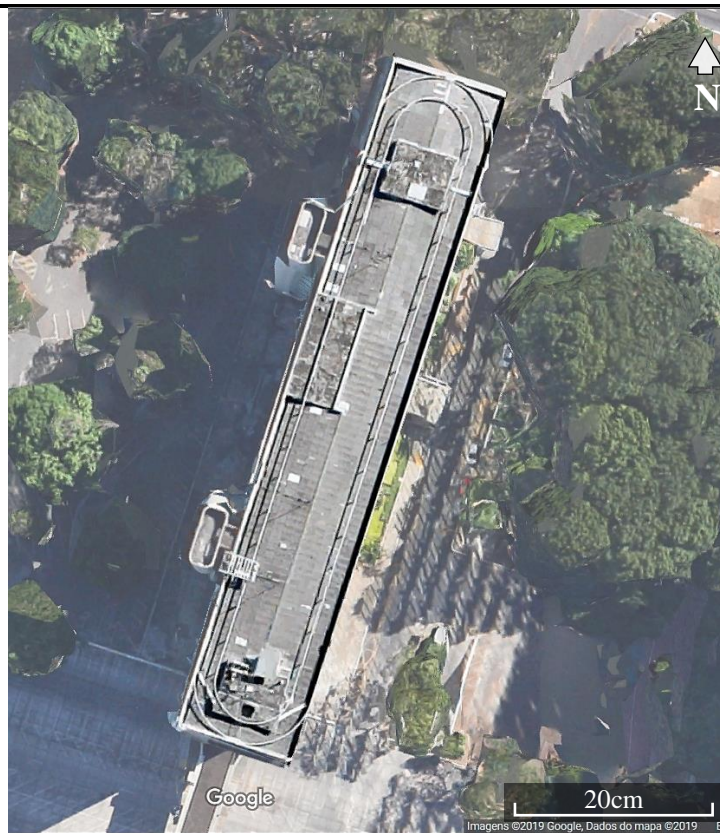
- Caixa de elevadores, caixa d'água e calhas: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO D – Ministério da agricultura

Telha fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores,
caixa d'água e calhas:
Manta asfáltica e
proteção mecânica.

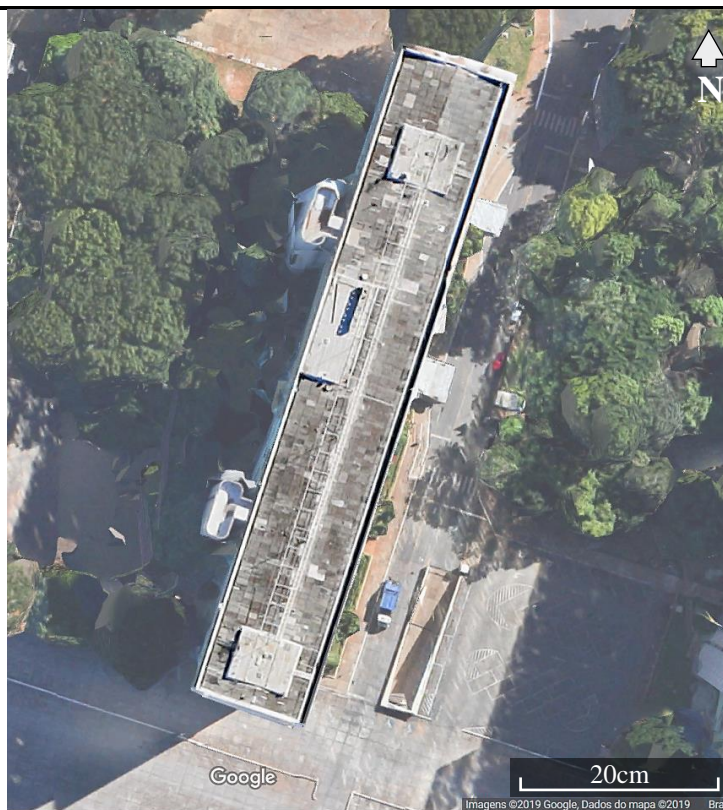


BLOCO E – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC

Chapa lisa de zinco (0,1cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Calhas e platibandas
com manta
aluminizada,
- Caixa de elevadores e
caixa d'água: Manta
asfáltica e proteção
mecânica.

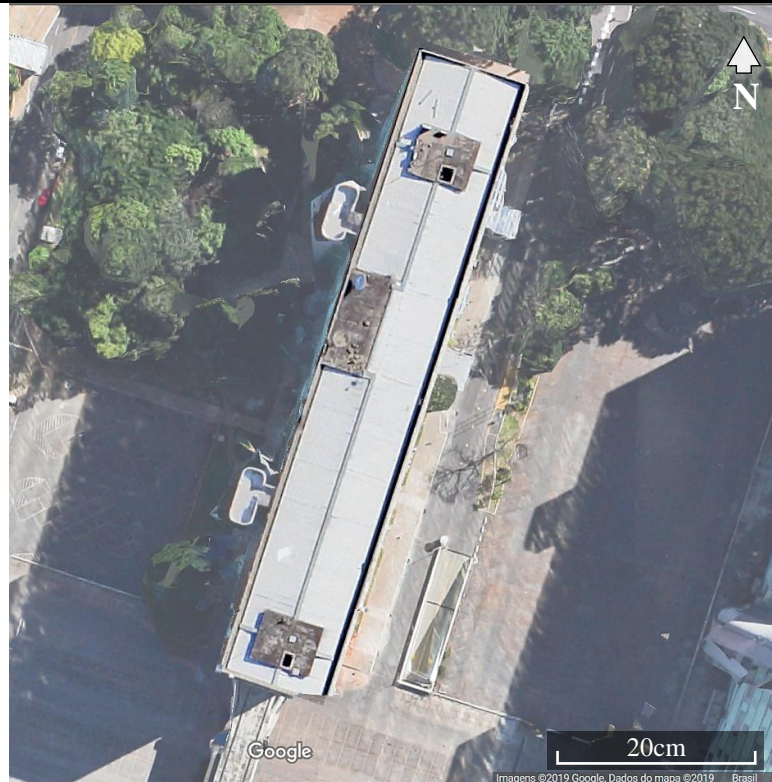
***obs:** telhado alterado –
imagem do google earth
desatualizada.



BLOCO F – Ministério da economia

Chapa lisa de zinco (0,1cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO G – Ministério da saúde

Manta betuminosa (3cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.

***obs:** telhado retirado – imagem do google earth desatualizada.



BLOCO R – Ministério da ciência, tecnologia, inovações e comunicações - MCTIC

Telha fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Platibanda com manta aluminizada,
- Caixa de elevadores, caixa d'água e calhas:
Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO U – Ministério de minas, energia e turismo

Placas fotovoltaicas – n°192,
Manta asfáltica e proteção mecânica,
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

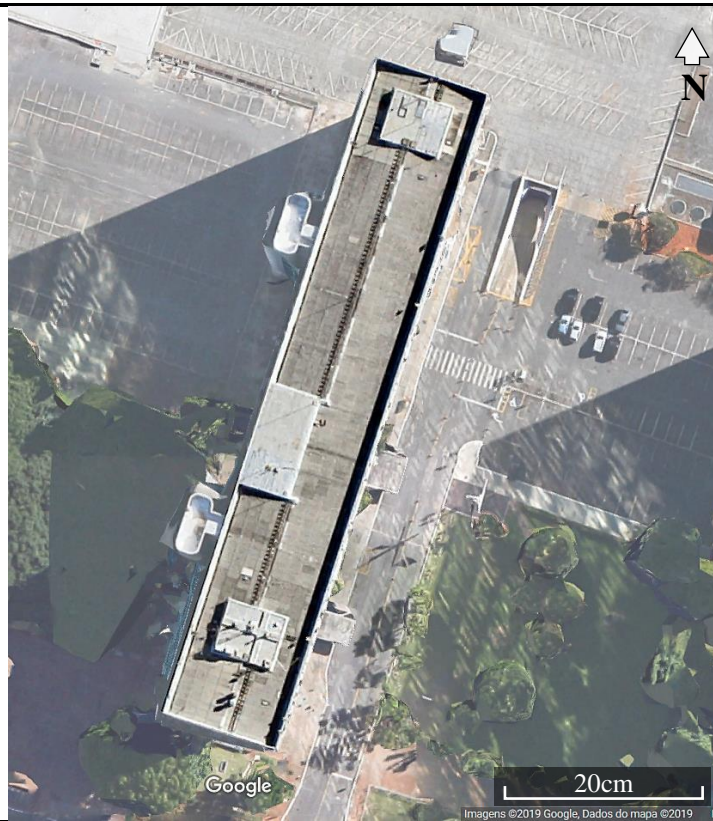
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO Q – Ministério da defesa

Telha de fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

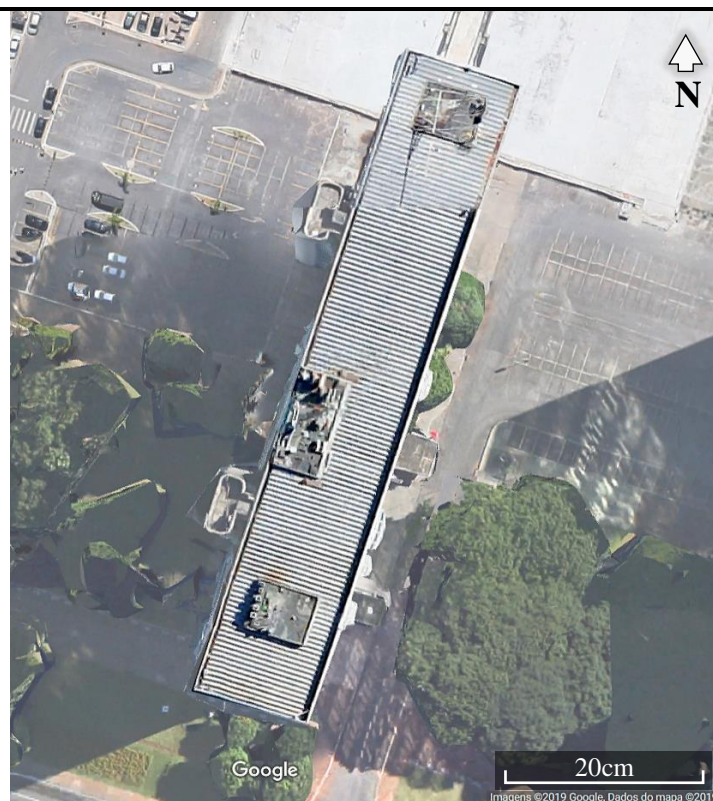
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO P – Ministério da economia

Chapa lisa de zinco (0,1cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

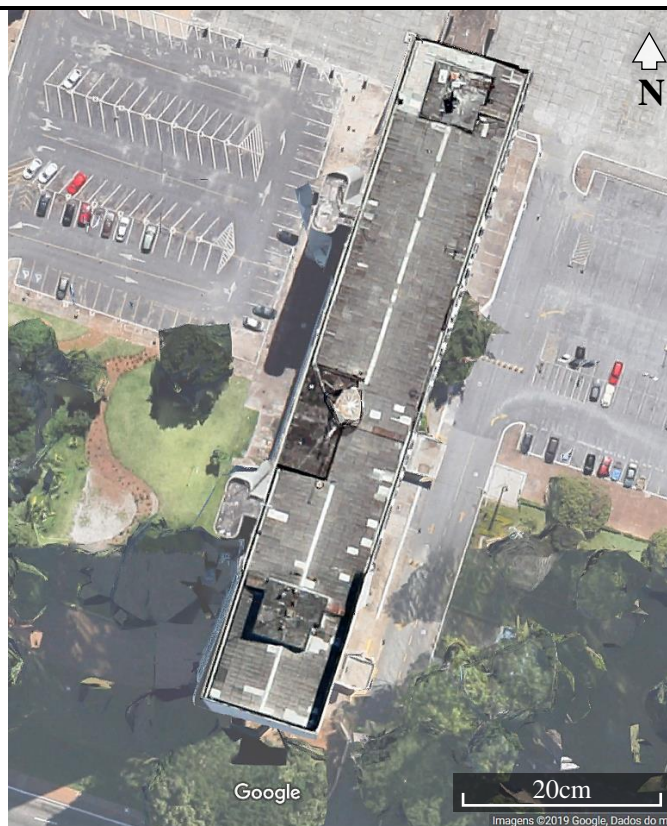
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO N – Ministério da marinha

Telha de fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

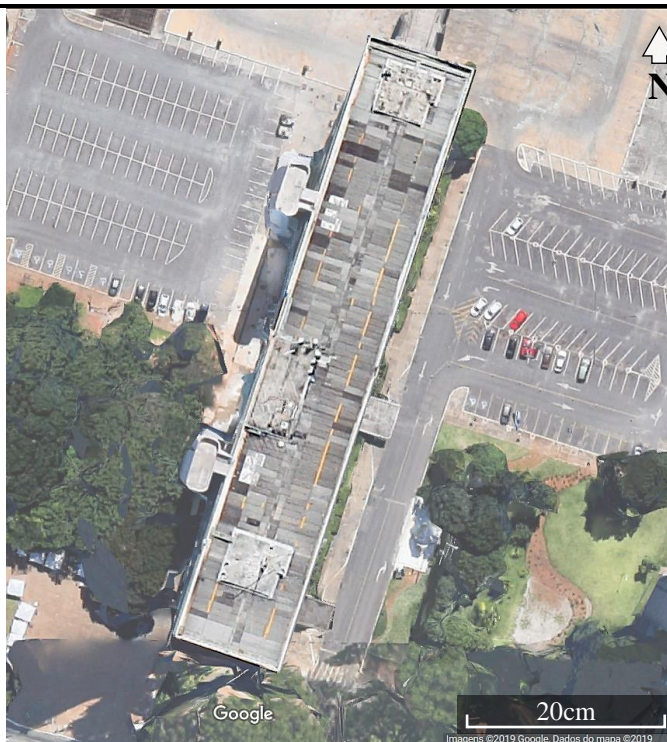
- Calhas com manta aluminizada,
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO M – Ministério da defesa, comando e aeronáutica

Telha de fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

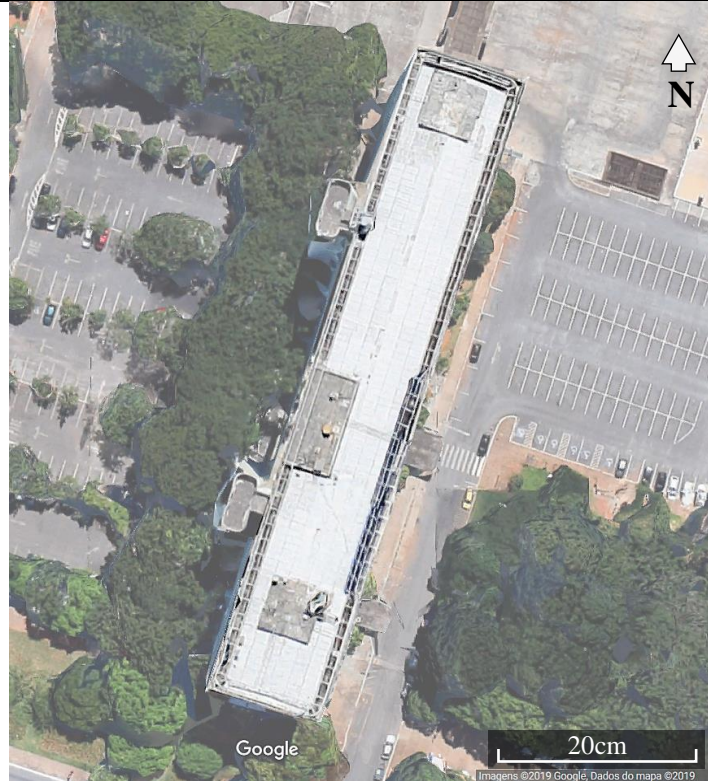
- Caixa de elevadores e caixa d'água: Manta asfáltica e proteção mecânica.



BLOCO L – Ministério da educação

Telha de fibrocimento (0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

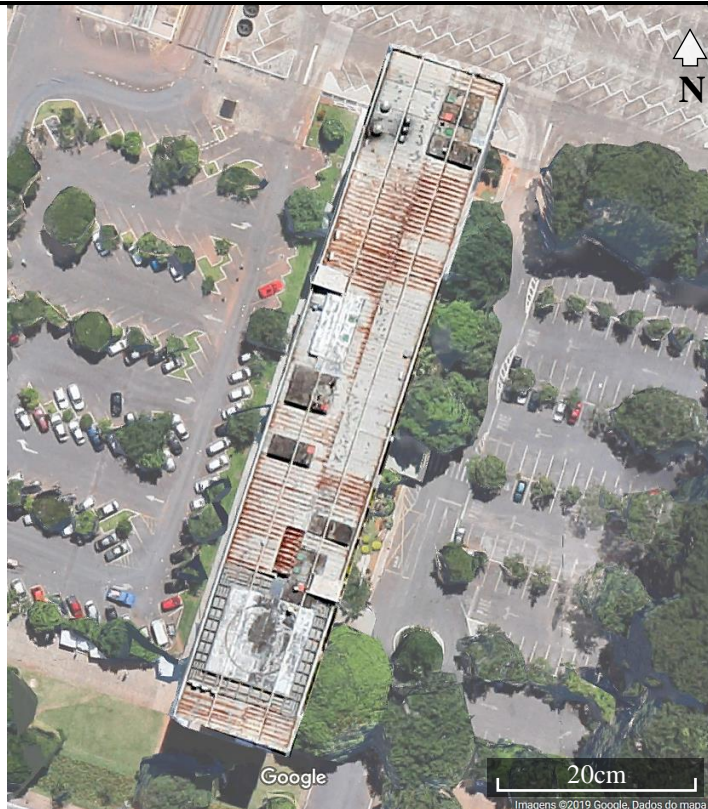
- Caixa de elevadores e
caixa d'água: Manta
asfáltica e proteção
mecânica.



BLOCO K – Ministério da economia

Chapa lisa de zinco (0,1cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e
caixa d'água: Manta
asfáltica e proteção
mecânica.



BLOCO J – Ministério da economia

Telha Metálica Branca termo acústica (0,6cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e
caixa d'água: Manta
asfáltica e proteção
mecânica.

***obs:** telhado alterado –
imagem do google earth
desatualizada.



BLOCO O – sem funcionado, fechado

Telha de fibrocimento
(0,8cm),
Câmara de ar (>5cm),
Laje maciça (15cm),
Câmara de ar (>5cm),
Placa de gesso (1cm).

- Caixa de elevadores e
caixa d'água: Manta
asfáltica e proteção
mecânica.

