



BADUCON

3º Seminário Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções

Escola Politécnica da UFBA - 09 a 12 de Dezembro de 2020

Online

www.baducon.com.br

ANAIIS

LEDMa

Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais

ISBN 978-65-86861-60-0

Diamante

Ouro

Prata



LANXESS

PENETRON

CONTI MASSA



SERTENGE



Viapol

Bronze



POSTES E GALPÕES NORDESTE



NovaVia

HARMONIZA

KUBO





BADUCON

3º Seminário Baiano de Durabilidade
e Desempenho das Construções

Escola Politécnica da UFBA – Salvador, 09 a 12 de Dezembro de 2020

Anais do 3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções

Salvador, 09 a 12 de dezembro de 2020

Daniel Véras Ribeiro
(Coordenador Geral e Editor)

3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções (BADUCON 2020)

Comitê Organizador

Daniel Vêras Ribeiro (Coordenador) - UFBA

Paulo Roberto Lopes Lima - UEFS

Cléber Marcos R. Dias – UFBA

Adriano Silva Fortes - IFBA/UNIME

Ana Gabriela S. A. Lima – UNEB / ABCP

Antônio Freitas da Silva Filho - UEFS / UFBA / UCSal

Ruan Carlos de Araújo Moura - UESC / PPEC - UFBA

Priscila V. Galdino Freitas - SENAI CIMATEC

Nilson Santana de Amorim Jr. - PPEC / UFBA

Silas de Andrade Pinto - PPEC / UFBA

Tatiana Conceição Machado Barretto - PPEC / UFBA

Tiago Assunção Santos - CIENAM / UFBA

Henrique Almeida Santana - PPEC / UFBA

Igor Brumano Coelho Amaral - PPEC / UFBA

Gessivaldo Oliveira Carneiro - PPEC / UFBA

3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções (BADUCON 2020)

Comitê Científico

Daniel Véras Ribeiro (Coordenador) - UFBA

Paulo Roberto Lopes Lima - UEFS

Cléber Marcos R. Dias – UFBA

Adriano Silva Fortes - IFBA/UNIME

Ana Gabriela S. A. Lima – UNEB / ABCP

Antônio Freitas da Silva Filho - UEFS / UFBA / UCSal

Marcelo Strozi Cilla - UFBA

Ruan Carlos de Araújo Moura - UESC / PPEC - UFBA

Nilson Santana de Amorim Jr. - PPEC / UFBA

Silas de Andrade Pinto - PPEC / UFBA

Henrique Almeida Santana - PPEC / UFBA

Editor: Daniel Vêras Ribeiro
Anais do 3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções
Terceira Edição. Salvador.
Ed. LEDMa, 2020.
293 p., 21 cm x 29,7 cm

ISBN 978-65-86861-60-0

1. Desempenho. 2. Durabilidade. 3. Construções. 4. Engenharia Diagnóstica.
5. Projetos

**Anais do 3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções
(BADUCON 2020)**

Editor: Daniel Vêras Ribeiro

Copyright© 2020 BADUCON. Todos os direitos reservados. Este livro e suas partes não podem ser reproduzidos nem copiados, em nenhuma forma de impressão mecânica, eletrônica ou qualquer outra, sem o consentimento por escrito dos editores. Esta é a primeira edição.

Editoração Eletrônica e Diagramação: LEDMa
(www.ledmaufba.com.br)

As informações contidas neste livro foram obtidas pelos autorws e pelo BADUCON, de fontes consideradas idôneas. No entanto, os autores, revisores e o BADUCON não devem ser responsabilizados por quaisquer erros, omissões ou danos decorrentes do uso indevido destas informações. Este livro é publicado com o objetivo de fornecer informação técnico-científica, mas, não de prestar serviços de engenharia ou outros serviços profissionais. Se tais serviços forem necessários, um profissional competente deve ser contratado.



BADUCON

3º Seminário Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções

Escola Politécnica da UFBA - Salvador, 09 a 12 de Dezembro de 2020

Realização



Apoio



UFBA



Escola Politécnica
UFBA



Departamento de Ciência e
Tecnologia dos Materiais



ALCONPAT
BRASIL



IBRACON



Fundação Escola
Politécnica da Bahia



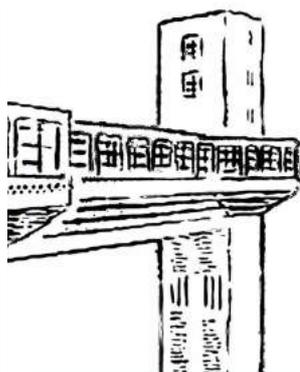
UEFS



UESC



UNEB



BADUCON

3º Seminário Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções

Escola Politécnica da UFBA - Salvador, 09 a 12 de Dezembro de 2020

Online

PATROCINADORES

DIAMANTE



LANXESS



OURO



PENETRON

PRATA



BRONZE



3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções (BADUCON 2020)

EDITORIAL

A terceira edição dos Anais do **Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções**, o BADUCON 2020 consiste em uma edição especial composta de 20 artigos que apresentam resultados de pesquisas de instituições de diferentes regiões do país. Os artigos, apresentados no 3º Seminário Baiano de Desempenho e Durabilidade das Construções, ocorrido de forma ONLINE, de 09 a 12 de dezembro de 2020, têm como temática a Durabilidade (13) e o Desempenho (7) das Construções. Foram selecionados pelos membros do Comitê Científico de cada subárea os melhores artigos do evento para esta publicação.

O BADUCON 2020 foi organizado pelo LEDMa - Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia (PPEC - UFBA) e pela Diretoria Regional da Associação Brasileira de Patologia das Construções - ALCONPAT Bahia.

O evento teve apoio da Associação Brasileira de Patologia das Construções (ALCONPAT Brasil), do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado da Bahia (CREA-BA), da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), da Fundação Escola Politécnica da Bahia (FEP), da Comunidade da Construção, da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e da Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Daniel Vêras Ribeiro
Universidade Federal da Bahia
Salvador - BA - Brasil

Nas últimas décadas assistimos a um crescente desenvolvimento na área técnica especializada no tocante à durabilidade e desempenho, com diversas obras sendo lançadas e com um avanço significativo na normatização que envolve estes temas.

Neste contexto, a disseminação do conhecimento se faz necessária, a fim de que novas gerações estejam cada vez mais preparadas para o desafio de projetar estruturas cada vez mais duráveis e com desempenho que satisfaça os seus usuários.

Assim, em 2016 surgiu o 1º WorkShop Baiano de Durabilidade das Construções (BADUCON), evento que veio com a proposta de discutir causas e efeitos dos processos degradativos nas construções, preenchendo uma lacuna existente em nosso Estado e dando continuidade aos frutos gerados pelo 1º Encontro Luso Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado (DEGRADA), realizado pela primeira vez em 2014, também em Salvador e que terá sua quarta edição em 2021, na cidade de Aveiro (Portugal).

A criação do BADUCON teve dois objetivos claros: 1) fomentar a discussão sobre o tema em nosso Estado e; 2) interiorizar o conhecimento, uma vez que tem previsão de ser realizado na capital e no interior, de forma alternada.

A primeira edição do BADUCON, em 2016, realizada em Salvador, contou com a participação de 198 congressistas, sendo focado apenas em Durabilidade. Esta primeira edição contou com 7 palestras e 2 apresentações técnicas, distribuídas em 2 noites, além de um mini-curso. Naquele evento tivemos apenas eu e as duas apresentadoras dos trabalhos técnicos nascidos na Bahia.

A segunda edição do BADUCON, realizada em Feira de Santana, no ano de 2018, incorporou o Desempenho como temática do evento, por sugestão do Prof. Paulo Roberto Lima (UEFS) e contou com 106 congressistas, sendo ampliado para 2º WorkShop Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções. Esta segunda edição, contou com 11 palestras e 3 apresentações técnicas, distribuídas

em 3 períodos, além de dois minicursos. Entre os palestrantes, tivemos 5 baianos, além dos apresentadores dos 3 Trabalhos Técnicos e dos minicursos.

Com o crescimento e fortalecimento do evento, mudamos mais uma vez seu nome e passamos a ter o 3º Seminário Baiano de Durabilidade e Desempenho das Construções, que seria realizado em julho de 2020, de forma presencial, mas, infelizmente teve que ser adiado para dezembro, no formato ONLINE.

Se o evento já havia crescido razoavelmente entre a primeira e a segunda edição, o crescimento foi ainda maior nessa terceira edição...

Além de contar com 212 inscritos, tivemos 20 palestras, 5 minicursos e 20 apresentações técnicas, atingindo a marca de 62 horas de atividades, distribuídas em 4 dias! Foram 18 apresentações de baianos entre palestras, cursos e sessões técnicas. Esses números mostram como o evento cresceu e, principalmente, um aumento vertiginoso da massa crítica sobre o tema em nosso Estado. Nesta edição contamos com participantes, palestrantes e congressistas, de 16 estados brasileiros e dois estrangeiros. Me atrevo a dizer que talvez o BADUCON seja o maior evento de Durabilidade e Desempenho do país, na atualidade.

Dizer isso nos enche de orgulho, sendo uma honra poder trazer a todos vocês grandes especialistas brasileiros e ver cada vez mais baianos entre eles. Lembro que 100% dos recursos angariados com o evento serão revertidos em melhorias da

infraestrutura do Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais (LEDMa).

Eu gostaria de destacar os nossos patrocinadores e contar um fato curioso. Quando lançamos o evento, ainda em 2019, tínhamos 12 cotas de patrocínio à disposição. Enviamos as mensagens para os amigos das empresas vinculadas ao tema do evento e, em apenas 6 horas, tínhamos 9 cotas fechadas. Em 3 dias elas esgotaram!!! Depois que o evento passou para a versão ON LINE, conseguimos aumentar de 12 para 18 cotas. Foram necessários mais 4 dias para que estas 6 cotas adicionais se esgotassem!

Assim, eu queria agradecer muito às empresas patrocinadoras que conhecem e acreditam em nosso trabalho. Mais do que palavras de agradecimento, continuaremos trabalhando para devolver a vocês capacitação e discussão técnica, seja com eventos ou nas pesquisas que desenvolvemos no LEDMa. A seguir, listo as empresas patrocinadoras do BADUCON 2020:

LACROSE ENGENHARIA;
IMPERTUDO;

Daniel Véras Ribeiro

Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais (LEDMa), Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Escola Politécnica | Universidade Federal da Bahia | Rua Aristides Novis, 02. Federação | Salvador – BA – Brasil | CEP 40210-630 | Tel.: (71) 3283-9852 | E-mail: verasribeiro@hotmail.com

LANXESS;
PENETRON;
CONTIMASSA;
CONCRETE;
SERTENGE;
VIAPOL;
GRÁFICO;
GRUPO CIVIL;
CONCRETA;
HARMONIZA;
KUBO;
GRUPO NOVA VIA;
PROCEQ;
POSTES NORDESTE;
PI ENGENHARIA;
COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO

Diversos pesquisadores e profissionais auxiliaram na organização do BADUCON, integrando o Comitê Organizador e o Comitê Científico. Gostaríamos de agradecer a todos os membros destas Comissões.

Muito obrigado a todos vocês!

Até o BADUCON 2022, em Ilhéus!!!



Laboratório de Ensaios em Durabilidade dos Materiais (LEDMa)

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia

Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais (3° andar)

Rua Aristides Novis, 02. Federação

Salvador – BA - Brasil

CEP 40210-630

Telefone: +55 (71) 3283-9593

www.ledmaufba.com.br

E-mail: verasribeiro@hotmail.com



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.

ÍNDICE

	Pág.
TEMÁTICA 01: DESEMPENHO	1
01-001 - INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURAS DOS BLOCOS E E R NA ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS	2
01-003 - ANÁLISE DE VARIÁVEIS QUE AFETAM A RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRACÇÃO EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS.....	18
01-007 - AUTOMATIZAÇÃO DA VERIFICAÇÃO DA NBR 15575 EM PROJETOS ELÉTRICOS COM O AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM.....	33
01-009 - CARACTERIZAÇÃO DE CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND POR MEIO DA VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO	43
01-012 - ANÁLISE DE DESEMPENHO DA APLICAÇÃO DAS CINZAS DA ALGAROBA NAS ARGAMASSAS, SUBSTITUINDO PARCIALMENTE O CIMENTO PORTLAND, E NO CONCRETO BETUMINOSO À QUENTE ..	60
01-015 - AVALIAÇÃO DE CUSTO DE CICLO DE VIDA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DE ALTO PADRÃO.....	70
01-018 - INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) FUNCIONALIZADOS E NÃO FUNCIONALIZADOS NO DESEMPENHO MECÂNICO DE ARGAMASSAS	86
TEMÁTICA 02: DURABILIDADE	99
02-001 - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO POR MICROSSÍLICA	100
02-003 - ANÁLISE EXPERIMENTAL DA DURABILIDADE DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS COM FIBRAS SINTÉTICAS SUBMETIDAS A ENSAIOS DE CORROSÃO INDUZIDA	112
02-004 AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM AMBIENTES MARINHOS:	

ESTUDO DE CASO DO PÍER SALVADOR/HIDROPORTO DA RIBEIRA....	127
02-006 - MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO ESTÁDIO MUNICIPAL CARMELITO BARBOSA ALVES, CRUZ DAS ALMAS-BA.....	142
02-007 - AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE BARRAS DE GFRP SUBMETIDAS A ELEVADAS TEMPERATURAS.....	158
02-008 - DURABILIDADE DE CONCRETOS GEOPOLIMÉRICOS EM RELAÇÃO À PENETRAÇÃO DE CLORETOS QUANTO AO POTENCIAL DE CORROSÃO E MIGRAÇÃO DE CLORETOS.....	173
02-013 - UTILIZAÇÃO DA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXI COMO MÉTODO DE CORREÇÃO DO SOM CAVO EM FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO.....	190
02-014 - INVESTIGAÇÃO BIBLIOMÉTRICA DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS BRASILEIRAS E INTERNACIONAIS SOBRE REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO (RAA).....	204
02-015 - REVISÃO SOBRE O PROCESSO DE CARBONATAÇÃO NO CONCRETO ARMADO E COMPÓSITOS DE FIBROCIMENTO E OS PRINCIPAIS FATORES QUE OS INFLUENCIAM.....	217
02-016 - EFEITO DA DIMENSÃO DA AMOSTRA SOBRE A RESISTIVIDADE ELÉTRICA VOLUMÉTRICA DO CONCRETO.....	231
02-017 - CONCRETOS COM GRADAÇÃO FUNCIONAL: PREVISÃO DO PERFIL DE CONCENTRAÇÃO DE CLORETOS ATRAVÉS DE ROTINA DESENVOLVIDA EM MATLAB.....	246
02-020 - COMPORTAMENTO DE VIGAS DE CA FRENTE À CORROSÃO POR ÍONS CLORETO: UMA ANÁLISE EXPERIMENTAL E NUMÉRICA POR MEIO DO DANO CONCENTRADO.....	262
02-021 - REFORÇO À FLEXÃO DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO COM CONCRETO TÊXTIL DE VIDRO ÁLCALI-RESISTENTE.....	278

TEMÁTICA 01
DESEMPENHO DAS
CONSTRUÇÕES

01-001 - Inspeção e Avaliação dos Sistemas de Coberturas dos Blocos E e R na Esplanada dos Ministérios

SANTOS, L.M.A.S.^{a,*}; PEREIRA, C.H.A.F.^b; ZANONI, V.A.G.^c

^a Universidade de Brasília, Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil;

^b Universidade de Brasília, Pós Graduação em Estruturas e Construção Civil, Brasília, Brasil.

^c Universidade de Brasília, Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil.

* *laramonalisa.arquitetura@gmail.com*

Resumo

O objetivo deste artigo é caracterizar o sistema de cobertura de dois edifícios que compõem a Esplanada dos Ministérios em Brasília, capital do Brasil, e analisar as principais anomalias existentes, sistematizando o nível de prioridade de intervenção conforme a aplicação de uma metodologia de avaliação fundamentada na literatura, e também, aferir o desempenho térmico utilizando os parâmetros das normativas brasileiras descritos na ABNT NBR 15575-1:2013, ABNT NBR 15220:2005 e no Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C). Os resultados obtidos relataram que as principais anomalias encontradas nos sistemas estão relacionadas a falta de manutenção. Em ambos os edifícios inspecionados, as avaliações apresentaram necessidades de ações de curto prazo (1 a 2 anos). A avaliação do desempenho térmico demonstrou que os sistemas atuais não atendem aos parâmetros estabelecidos pelo RTQ-C.

Palavras-chave: *sistemas de cobertura; inspeção de coberturas; anomalias; desempenho térmico.*

Inspection and Evaluation of Roofing Systems for Ministry Buildings

Abstract

The purpose of this article is to characterize the roofing system of two buildings that make up the Esplanade of Ministries in Brasilia, capital of Brazil, and to analyze the main existing anomalies,

systematizing the level of intervention priority according to the application of an assessment methodology based on literature, and also to measure the thermal performance using the parameters of the Brazilian standards described in ABNT NBR 15575-1:2013, ABNT NBR 15220:2005 and in the Technical Quality Regulation for the level of energy efficiency of commercial, service and public buildings (RTQ-C). The results obtained reported that the main anomalies found in the systems are related to a lack of maintenance. In both buildings inspected, the assessments showed short-term actions (1 to 2 years). The evaluation of thermal performance demonstrated that the current systems do not meet the parameters established by RTQ-C.

Keywords: *cover systems; roofing inspection; anomalies; thermal performance.*

1 Introdução

A avaliação do desempenho de uma edificação vai além de verificações da qualidade dos componentes e técnicas construtivas. A sua amplitude dá-se pelo fato de serem consideradas as exigências dos usuários e os impactos da edificação sobre seus habitantes (TRIANA et al. [1]). Graças à implementação da ABNT NBR 15575:2013, habitualmente designada apenas como norma de desempenho, foram criados parâmetros quantitativos que podem ser mensurados para a diminuição das incertezas dos critérios subjetivos de avaliação na construção civil.

Segundo Ferraz et al. [2], uma mudança paradigmática no setor da construção está ocorrendo, acarretando mudanças do foco das ações voltadas as novas construções, assim como as intervenções para a reabilitação de edifícios existentes. De fato, quando os edifícios são submetidos às atividades de reabilitação e manutenção, a durabilidade dos elementos de construção intervencionados é estendida, aumentando o tempo de vida útil esperado do edifício. Conforme Ferraz et al. [2], a comunidade científica tem dedicado mais atenção ao vasto campo de inspeção, diagnóstico, manutenção e reabilitação de edifícios, incluindo sistemas para apoiar a inspeção de anomalias.

Estudos e análises realizados por Rocha [3] e ASTM D1079 [4] descrevem o sistema de cobertura como parte integrante de sistemas de controle ambiental, ou seja, responsáveis por adequações térmicas e higroscópicas de ambientes. Walter et al. [5] afirmam que, de forma semelhante a outros componentes e elementos de construção, os sistemas de coberturas devem

estar sujeitos a um processo sistemático de inspeção de rotina para que um diagnóstico possa ser desenvolvido. Para Conceição et al. [6], além de proteger o interior do edifício contra os fenômenos meteorológicos como chuva, calor, frio, vento e neve, as coberturas devem garantir os padrões e condições de vida aos habitantes, por meio de suas propriedades termofísicas adequadas às condições climáticas externas.

Neste trabalho são avaliados os sistemas de cobertura que possuem uma tarefa complexa e importante em comparação com os outros elementos da envoltória da edificação, por estar direta e mais intensamente exposto aos agentes ambientais. O estudo desenvolvido para este trabalho concentra-se em dois edifícios da Esplanada dos Ministérios que abrigam as sedes do poder executivo. Os edifícios, no seu conjunto, são distribuídos harmoniosamente e com uma regularidade arquitetônica singular. Apesar de cada edifício ser único e apresentar diferentes tipos de anomalias, guardam entre si similaridades, o que torna possível identificar certos padrões ao analisar uma amostra representativa, com o objetivo de criar procedimentos para melhorar os padrões de qualidade das manutenções, reabilitações e a vida útil dos edifícios.

O objetivo principal consiste na caracterização do estado atual, avaliação dos sistemas de cobertura, com a descrição e classificação das anomalias dos Blocos “E” e “R”, localizados na Esplanada dos Ministérios de Brasília no Distrito Federal – Brasil, e na aferição do desempenho térmico utilizando os parâmetros de três normativas brasileiras, sendo considerada a zona bioclimática 04 para a avaliação.

A normativa que estabelece os valores-limite para os requisitos térmicos de edifícios de escritórios é a Portaria do Inmetro nº372/2010 por meio do Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C)[7]. Para tanto, será realizada uma avaliação comparativa do uso de diferentes componentes e elementos sobre o comportamento do desempenho térmico das edificações, conforme as normativas que estabelecem parâmetros para o desempenho do sistema de cobertura, à saber: ABNT NBR 15575-5:2013 [8], ABNT NBR 15220:2003 [9] e RTQ-C:2010 [7].

2 Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos do trabalho de caracterização do estado atual, o método utilizado para a inspeção será conforme o requerido pela norma de inspeção nacional do IBAPE [11] que define os procedimentos de inspeção de edificações, também em acordo com a norma ABNT NBR 5674:2012 [11], e sob os critérios de vistoria e definição e atribuição de prioridades de intervenção proposto por Morgado [12] em Portugal.

2.1 Definição do critério para prioridade de intervenção

Em síntese, na metodologia apresentada por Morgado [12], são identificados *in loco* os elementos de uma cobertura sob a ótica de manutenção e inspeção, chamados de elementos fontes de manutenção (EFM) conforme Tabela 1, para que possam ser registradas e sistematizadas as anomalias, causas e intervenções. A cada EFM são associadas as possíveis anomalias. Durante a inspeção deve ser utilizada uma ficha para a caracterização da cobertura de acordo com a tipologia (cobertura plana ou inclinada) e os elementos fontes de manutenção (EFM), conforme proposto por Morgado [12].

O indicador para o escalonamento das prioridades de intervenção desenvolvido por Morgado [12] é calculado tendo em consideração o peso de cada anomalia com o pior dos cenários. Cada manifestação tem seu peso calculado conforme a Equação 1 e de acordo com os valores presentes na Tabela 1.

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

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} é ponderado com o valor correspondente à pior situação possível, conforme a Equação 2.

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

onde:

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

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

Tabela 1. Proposta de classificação de anomalias em EFM de coberturas de edifícios.

Crítérios	Nível	Descrição	Pontuação	Fator multiplicativo
Agressividade do meio = A	Reduzido	Meio rural	1	1
	Médio	Meio urbano	2	
	Alto	Zona costeira	3	
Extensão da anomalia = E	Reduzido	≤ 20%	1	2
	Médio	21 a 69%	2	
	Alto	≥ 70%	3	
Nível de degradação EFM = D	0	Sem degradação relevante	1	3
	1	Degradação superficial	2	
	2	Degradação moderada	3	
	3	Degradação acentuada	4	
Severidade da anomalia = S	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 usuários	5	

Fonte: Baseado em Morgado [12].

Por meio da aplicação destes cálculos, é possível determinar diversos valores e percentuais, e assim hierarquizar a urgência das ações de manutenção corretiva. Por último, a nota obtida deve ser corrigida para um índice em porcentagem que indica a celeridade exigida para correção do

problema, denominado $P_{\text{intervenção}}$, em que os intervalos estão presentes na Tabela 2, com uma escala dividida em quatro níveis (Morgado [12]).

Tabela 2. Proposta de classificação de prioridade de intervenção em EFM de coberturas.

Nível	Prioridade de intervenção	$P_{\text{intervenção}}$
1	Ações sem urgência	$24\% \leq P_{\text{intervenção}} \leq 39\%$
2	Ações a médio prazo (2 a 5 anos) com necessidade de monitorizar	$40\% \geq P_{\text{intervenção}} \leq 60\%$
3	Ações a curto prazo (1 a 2 anos)	$61\% \geq P_{\text{intervenção}} \leq 79\%$
4	Ações de prioridade imediata (6 meses)	$P_{\text{intervenção}} \geq 80\%$

* Abaixo de 24% considera-se sem necessidade de ação.

Fonte: Baseado em Morgado [12].

2.2 Requisitos do desempenho térmico dos Sistemas de Cobertura

O desempenho térmico será avaliado conforme os parâmetros estabelecidos pelo RTQ-C:2010 [8] para edifícios de escritório, assim como as recomendações de valores limites dos parâmetros térmicos citados pela ABNT NBR 15220-2:2005 [9] e pelos critérios mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-5:2013 [8], exemplificados no Quadro 1. Os sistemas serão simulados na calculadora de propriedades presentes na plataforma Projeteer – projetando edificações energeticamente eficientes [14] e também por meio dos métodos de cálculos simplificados, conforme a ABNT NBR 15220-2:2005 [9].

Quadro 1. Parâmetros térmicos a serem avaliados conforme as normativas brasileiras para Brasília (zona bioclimática 4).

Parâmetros ¹	RT (m ² .K/W)	U _{COB} (W/m ² K)		CT _{COB} (kJ/m ² .K)	φ (horas)	α _{COB}	FS _o
ABNT NBR 15575-5:2013	-	α ≤ 0,6 U ≤ 2,3	α > 0,6 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	-

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.

Fonte: Os Autores.

2.3 Descrição do estudo de caso

O objeto de estudo são os sistemas de coberturas dos Blocos “E” e “R” – atualmente pertencentes ao Ministérios da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, e localizados na Esplanada dos Ministérios em Brasília – DF. Cada ministério possui uma área de cobertura de 1764 m². A identificação dos Blocos “E” e “R” encontra-se destacado em vermelho na Figura 1.



Figura 1. Situação dos edifícios dos Ministérios com a identificação dos Blocos “E” e “R” – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (Google [14], modificado pelos Autores).

Os referidos sistemas não possuem um plano de manutenção plenamente definido, sendo assim, dentro do exposto, trata-se de uma inspeção nível 2, de acordo com a norma do IBAPE. Portanto, foram listados os problemas informados pelos usuários, o que serviu de guia para definição de áreas de foco nas vistorias realizadas *in loco*.

Os sistemas de cobertura dos Blocos “E” e “R” estão representados esquematicamente na Figura 2. Ressalta-se que os componentes de telhados são os responsáveis por transportar as águas pluviais até as calhas de concreto perimetrais de seção retangular.

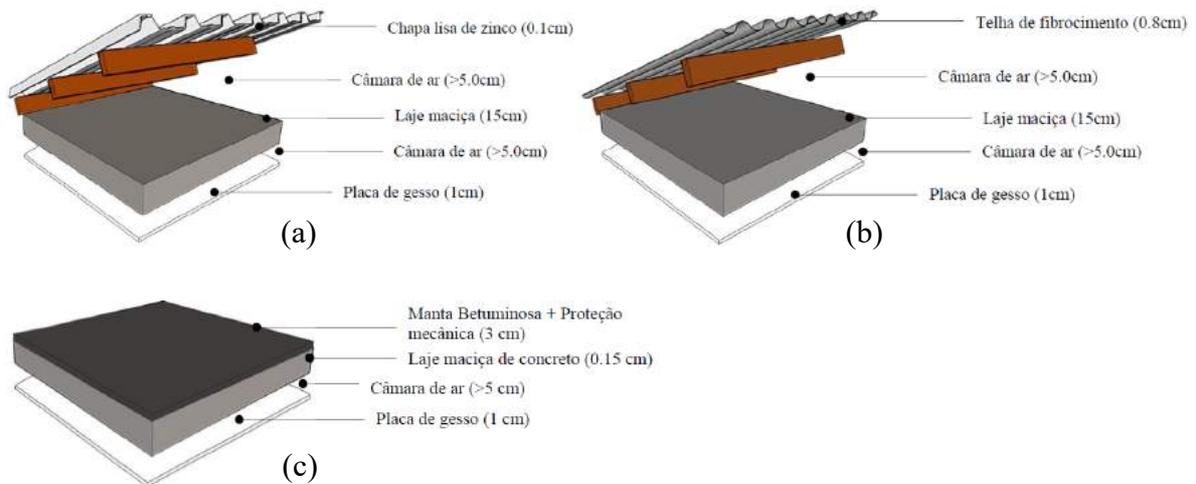


Figura 2. Esquema da caracterização dos sistemas atuais de cobertura (a) sistema 01 – Bloco “E”, (b) sistema 02 – Bloco “R” e (c) sistema 03 – Bloco “E” e “R” (Fonte: Os Autores).

3 Resultados e discussões

3.1 Caracterização do estado atual e avaliação dos sistemas de cobertura

As áreas de foco da vistoria do Bloco “E”, assim como no Bloco “R”, concentraram-se nas lajes impermeabilizadas, sendo estas das caixas de escadas e elevador. Estas zonas apresentaram as mesmas anomalias de desagregação e fissuração, além da presença de sujidades superficial e acúmulo de detritos.

Nos remates foram identificados pequenos descolamentos da manta de impermeabilização aluminizada, sendo esta, anomalias de origem endógena. Nestas áreas é possível identificar a utilização de uma argamassa polimérica como medida paliativa de correção do problema.

Na Tabela 3 são apresentadas as anomalias e seus respectivos níveis de prioridade de intervenção, obtidas após a aplicação das equações 1 e 2 e a Tabela 2. 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.

Tabela 3. Identificação das anomalias existentes no Bloco “E” e o nível de prioridade de intervenção.

EFM	Sigla Anomalia	Descrição	Nível de Prioridade de Intervenção
Laje impermeabilizada	A-E 2	Fissuração	3
	A-E 3	Sujidade superficial e acumulação de detritos	2
	A-E 5	Desagregação	3
Anomalias no sistema de remates	A-S 1	Descolamento dos remates de impermeabilização	2
Anomalias no Sistema de drenagem (calhas e tubos de queda)	A-D 1	Sujidade superficial e acumulação de detritos	3

Fonte: (Os Autores).

Na Figura 3 é apresentada uma interpretação do nível de prioridade de intervenção dos elementos fontes de manutenção presentes na Tabela 3. Os maiores níveis de prioridade estão relacionados à laje impermeabilizada, sendo categorizada no nível 3, representando 71% da prioridade de intervenção, correspondendo a ações de curto prazo (1 a 2 anos).

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 nos remates.

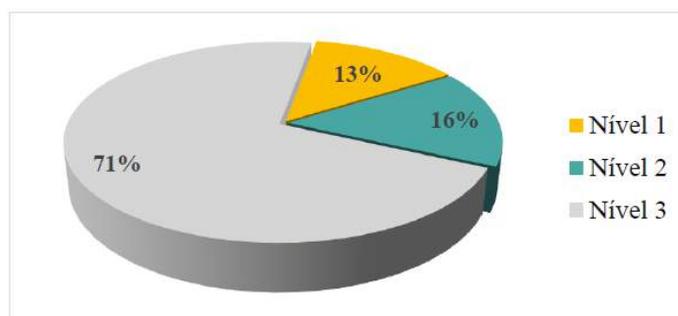


Figura 3. Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “E” (Fonte: Os Autores).

O Bloco “R” apresenta formação de vegetações parasitária abaixo das canaletas dos cabeamentos. As juntas entre as placas da proteção mecânica presentes ao longo do comprimento da laje apresentam-se bastante degradadas, com desagregações e sem qualquer sinal dos elementos de enchimento ou selantes. As juntas nas condições existentes contribuem para o caminho da percolação da água, provocando maiores desagregações do concreto e, como resultado, prejudicando o desempenho do sistema.

Na Tabela 4 são apresentadas as anomalias e o nível de prioridade existentes no Bloco “R”. Para este sistema de cobertura, às anomalias concentram-se na laje impermeabilizada, apresentando os maiores níveis de prioridade de intervenção nos remates e no sistema de drenagem. Isso significa que para o nível 3, conforme a Figura 4, foram encontrados nos elementos fontes de manutenção um nível de prioridade de intervenção de 83%, que requer ações de curto prazo.

Tabela 4. Identificação das anomalias existentes no Bloco “R” e o nível de prioridade de intervenção.

EFM	Sigla Anomalia	Descrição	Nível de Prioridade de Intervenção
Anomalias em revestimento (Telhado)	A-R 4	Acumulação de detritos e sujidade superficial	2
	A-R 8	Diferença de tonalidade	1
Laje impermeabilizada	A-E 2	Fissuração	3
	A-E 3	Sujidade superficial e acumulação de detritos	3
	A-E 5	Desagregação	3
Anomalias no sistema de remates	A-S 7	Acumulação de vegetação parasitária	3
Anomalias no sistema de drenagem	A-D 3	Acumulação de água	3
	A-D 4	Fraca inclinação	3

Fonte: Os Autores.

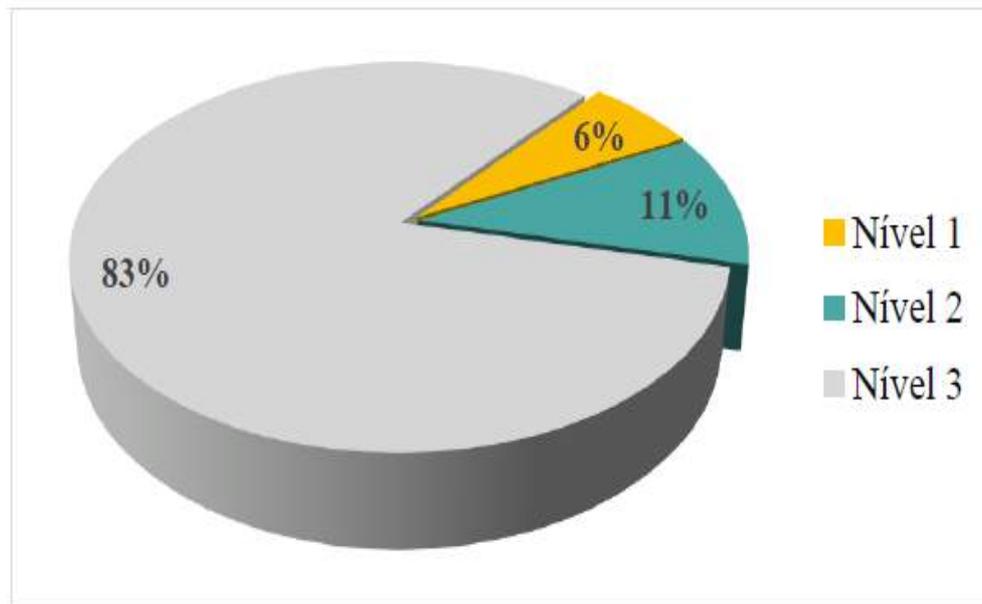


Figura 4. Distribuição dos níveis de prioridades de intervenção das anomalias detectadas na cobertura do Bloco “R” (Fonte: Os Autores).

3.2 Avaliações de desempenho térmico dos sistemas

A avaliação de desempenho térmico dos sistemas de cobertura é apresentado na Tabela 5, no qual expõem-se as propriedades térmicas dos componentes presentes nos sistemas da cobertura dos Bloco “E” e Bloco “R”, sendo calculados por meio do método prescritivo determinado pela ABNT NBR 15220:2005 [9] e pela calculadora de propriedades da plataforma *Projeteec* [13].

Na Figura 5 são apresentados os resultados de absorvância dos sistemas presentes em ambos os blocos. No eixo horizontal estão presentes os critérios mínimos da ABNT NBR 15575-5:2013 [8] e do RTQ-C:2010 [7], onde apenas o sistema constituído pela chapa lisa de zinco presente no Bloco “E” atendeu ao regulamento que rege este trabalho.

O telhado de fibrocimento apresenta 80% da radiação incidida absorvida, ou seja, 20% é refletida. Já a manta betuminosa com a proteção mecânica possui 86% da radiação absorvida e apenas 14% refletida. A cor presente nos componentes aumenta os ganhos de calor, principalmente quando são menos refletivas.

Tabela 5. Propriedades térmicas dos componentes e elementos construtivos dos sistemas de cobertura.

Sistema da Cobertura ¹		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

(Fonte: Os Autores).

¹ 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 [16].

* Os demais cálculos dos sistemas foram feitos por meio do método simplificado conforme a ABNT NBR 15220:2005 [10].

* Valores de absortância para o componente chapa lisa de zinco é de acordo com a ABNT NBR 15220:2005 [9].

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

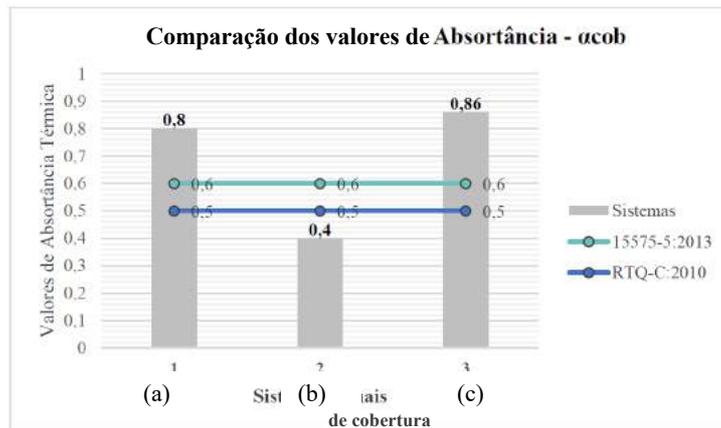


Figura 5. Comparação dos valores de absorvância dos sistemas (a) sistema 01 – Bloco “R”, (b) sistema 02 – Bloco “E” e (c) sistema 03 – laje impermeabilizada Bloco “E” e “R” (Fonte: Os Autores).

Os resultados da transmitância térmica mostrados na Figura 6 demonstram que os três sistemas não atenderam ao RTQ-C:2010 [7], conforme os parâmetros normativos utilizados. Neste caso, é necessário o uso de isolamento térmico, visando a diminuição do fluxo de calor que atravessa a área dos elementos. Se os sistemas fossem analisados conforme as normativas ABNT NBR 15575-5:2013 [9] e ABNT NBR 15220:2005 [9], atenderiam. Vale ressaltar que o valor apresentando de $2,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ corresponde ao valor mínimo da norma de desempenho.

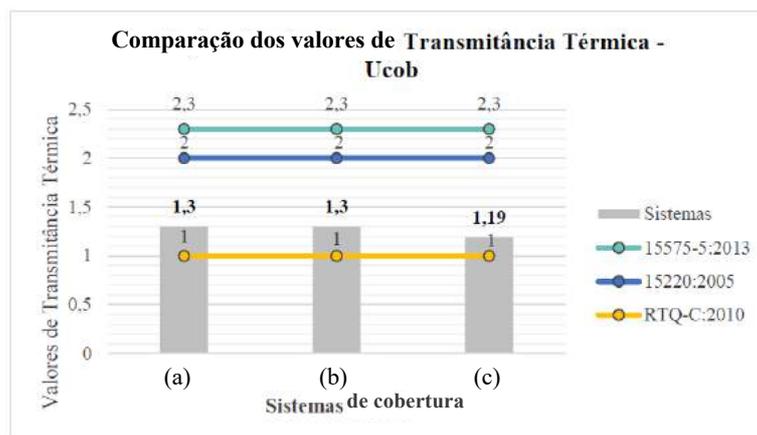


Figura 6. Comparação das três normativas brasileiras e os Parâmetros para transmitância térmica para os sistemas (a) sistema 01 – Bloco “R”, (b) sistema 02 – Bloco “E” e (c) sistema 03 – laje impermeabilizada Bloco “E” e “R” (Fonte: Os Autores).

Na Figura 7 foi realizada uma comparação com os níveis de desempenho para transmitância térmica presente na norma de desempenho ABNT NBR 15575-5:2013 [8] com os valores encontrados nos três sistemas. Após à análise, constatou-se o não atendimento dos valores, inclusive o RTQ-C:2010 [7], que adota como valor mínimo o valor superior da norma de desempenho, e apesar de estar próximo, não atende.

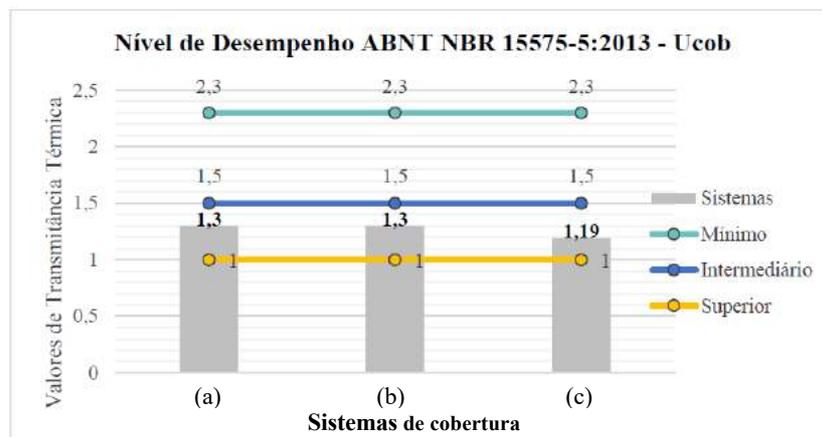


Figura 7. Comparação dos níveis de desempenho de transmitância térmica e os sistemas (a) sistema 01 – Bloco “R”, (b) sistema 02 – Bloco “E” e (c) sistema 03 – laje impermeabilizada Bloco “E” e “R” (Fonte: Os Autores).

4 Conclusões

As fissuras e as desagregações identificadas na laje impermeabilizada de ambos os sistemas foram ocasionadas principalmente pelas movimentações térmicas, além de permitirem que a água percole e ocasione o aumento e o acúmulo de umidade, favorecendo o aparecimento de mofo e bolor interno na edificação, sendo um dos problemas que potencialmente afetam a saúde dos usuários da edificação.

As manifestações patológicas identificadas com o passar do tempo irão evoluir, contribuindo para a degradação do sistema de cobertura a ponto de reduzir a sua durabilidade. De acordo com a avaliação do estado de conservação, foi identificado que ambos os sistemas apresentaram nível

3, o que corresponde as ações de curto prazo (1 a 2 anos) e por meio dessa justificativa, devem ser propostas intervenções, visando o prolongamento da sua vida útil, e a possível substituição do sistema atual por um novo sistema de coberturas para os dois edifícios dos Ministérios analisados, visando o atendimento aos requisitos de desempenho térmico.

Os resultados obtidos nas avaliações dos parâmetros de transmitância térmica e de absorvância estão coerentes com as considerações que o sistema de cobertura são um dos responsáveis pelo acréscimo da carga térmica na edificação, e que influência diretamente nas temperaturas dos ambientes do último pavimento e nas movimentações térmicas.

5 Referências

TRIANA, M.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. 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>.

FERRAZ, G. T. et al. State-of-the-Art Review of Building Inspection Systems. *Journal Of Performance Of Constructed Facilities*, [s.l.], v. 30, n. 5, p.04016018-04010188, out. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0000839](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0000839).

ROCHA, P. T. Anomalias em coberturas de terraço e inclinadas. 2008. 179f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D1079: Standard Terminology Relating to Roofing and Waterproofing. Pensilvânia: 2016.

WALTER, A.; BRITO, J.; LOPES, J. G. Current flat roof bituminous membranes waterproofing systems – inspection, diagnosis and pathology classification. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 19, n. 3, p.233-242, abr. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.008>.

CONCEIÇÃO, J. et al. Inspection, Diagnosis, and Rehabilitation System for Flat Roofs. *Journal Of Performance Of Constructed Facilities*, [s.l.], v. 31, n. 6, p.137-148, dez. 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001094](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001094).

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações Habitacionais – Desempenho: Parte 5 -Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. 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, 2005.

IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (2012). Norma de inspeção predial nacional. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o Sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

MORGADO, J. N. P. L. V. Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes. 267f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

PROJETEEEE. Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Estratégias Bioclimáticas. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/>>. Acesso em 17 set 2020.

GOOGLE. Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 8 set. 2019.

[15] CUNHA, E. G. 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%2020%20-%20simulacao.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2019.