

Inspección y evaluación de sistemas de techado: un estudio de caso

L. M. A. Santos^{1*} , L. F. Andrade² , C. H. A. F. Pereira¹ 

* Autor de Contacto: laramonalisa.arq@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.413>

Recepción: 30/04/2019 | Aceptación: 24/07/2019 | Publicación: 30/08/2019

RESUMO

Se caracteriza y evalúa el sistema de cubierta de una de las edificaciones de la Universidad de Brasília - DF. Se analizan las principales anomalías existentes en los sistemas de cubiertas y se sistematiza la prioridad de intervención, con el propósito de correlacionarlas con las medidas correctivas. Los factores limitantes para la inspección de las estructuras fueron la accesibilidad, así como la falta de proyectos de intervención. Los resultados obtenidos reportaron que las principales anomalías encontradas en los sistemas están relacionadas con la falta de mantenimiento. El estudio trae, además, como contribución, indicaciones y recomendaciones técnicas para la resolución de las situaciones.

Palabras clave: sistemas de cubierta; inspección de cubiertas; patologías de cubiertas; anomalías.

Citar como: Santos, L. M. A., Andrade, L. F., Pereira, C. H. A. F. (2019), “*Inspeção e avaliação dos sistemas de cobertura: um estudo de caso*”, Revista ALCONPAT, 9 (3), pp. 350 – 363, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.413>

¹ Structures and Civil Construction Graduate Program - Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.

² Civil Engineering Department – Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antiga estrada para Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

É totalmente proibida a reprodução total ou parcial dos conteúdos e imagens da publicação sem autorização prévia do ALCONPAT International A.C.

Qualquer discussão, incluindo a resposta dos autores, será publicada no segundo número do ano 2020, desde que a informação seja recebida antes do fechamento do primeiro número do ano de 2020.

Inspection and evaluation of roofing systems: a case study

ABSTRACT

The roof system of one of the buildings of the University of Brasília - DF is characterized and evaluated. The main existing anomalies in the roof systems are analyzed and the intervention priority is systematized, in order to correlate them with the corrective measures. The limiting factors for the inspection of the structures were accessibility as well as the lack of intervention projects. The results obtained reported that the main anomalies found in the systems are related to the lack of maintenance. The study also brings, as a contribution, indications and technical recommendations for the resolution of situations.

Keywords: roofing systems; roof inspection; roofing pathologies; anomalies.

Inspeção e avaliação dos sistemas de cobertura: um estudo de caso

RESUMO

O sistema de cobertura de um dos prédios da Universidade de Brasília - DF é caracterizado e avaliado. As principais anomalias existentes nos sistemas de telhado são analisadas e a prioridade de intervenção é sistematizada, a fim de correlacioná-las com as medidas corretivas. Os fatores limitantes para a inspeção das estruturas foram a acessibilidade, bem como a falta de projetos de intervenção. Os resultados obtidos relataram que as principais anomalias encontradas nos sistemas estão relacionadas à falta de manutenção. O estudo traz também, como contribuição, indicações e recomendações técnicas para a resolução de situações.

Palavras-chave: sistemas de cobertura; inspeção de coberturas; patologias de coberturas; anomalias.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de techado en la mayoría de los edificios son los más afectados por factores atmosféricos, incluida la constitución de sus partes, diseñados para resistir y definir una barrera para estas acciones. Por lo tanto, es coherente definir que las manifestaciones patológicas resultantes de estos procesos son las más comunes en la cobertura. Estudios y análisis de Rocha (2008) en Portugal. Azeredo (1997), Ambrozewicz (2015, p.203) y ASTM D1079 (2016, p.8) también describen este elemento como una parte integral de los sistemas de control ambiental, es decir, responsables de las adaptaciones térmicas e higroscópicas de los ambientes.

La función principal de un techo es aislar un edificio para crear un ambiente interior sellado y protegido a través de una barrera contra agentes externos como la temperatura, la humedad, la lluvia, el viento y el ruido. También hay acciones indirectas, como un diseño incorrecto o una ejecución deficiente, que actualmente son las amenazas más importantes para el rendimiento del techo (Rato, 2003). Para Lopes (2010), estas acciones, a pesar de la aparición de nuevos y mejores materiales impermeabilizantes, están estrechamente relacionadas con la falta de capacitación de los instaladores y son una fuente frecuente de problemas, como la fuga de agua a las capas subyacentes.

Según Ferraz et al., (2016) las actividades de rehabilitación y mantenimiento son factores clave para la sostenibilidad del edificio, y es esencial desarrollar una interpretación correcta de los defectos, respaldada por medios de diagnóstico, con el objetivo de aumentar significativamente los estándares de calidad de edificios y su posterior vida útil. Por lo tanto, la identificación, clasificación y planificación de todas las etapas de los procesos de inspección son indispensables para el diagnóstico.

El uso de techos planos ha ganado fuerza en el sector de la construcción, y hay poca información sobre la correlación entre los tipos más comunes de anomalías, las causas más probables, las pruebas de diagnóstico aplicables y las técnicas de rehabilitación más apropiadas. Las inspecciones tienen como objetivo identificar las causas y los requisitos previos de cada anomalía, permitiendo durante la fase de uso una mayor capacidad para detectar la necesidad de inspección y así reducir el riesgo de anomalías inesperadas (Conceição et al., 2019).

La justificación que condujo a la investigación fue que los problemas en los sistemas de techado constituyen uno de los componentes más elementales de un edificio, ya que se caracteriza, junto con el cierre vertical, la principal barrera de la intemperie de los edificios. Por lo tanto, se realiza un estudio del estado actual del sistema de techado, definiendo las anomalías existentes y resolviendo los problemas presentes en estos elementos, para garantizar el correcto funcionamiento de los edificios y, en consecuencia, sus actividades.

2. OBJETIVO

El objetivo principal es la caracterización del estado actual y la evaluación de los sistemas de cobertura en áreas específicas, con la descripción y clasificación de anomalías de un edificio ubicado en la Universidad de Brasilia en el Distrito Federal - Brasil.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Al igual que cualquier otro sistema que conforma un edificio, es probable que el sistema de techo sufra las manifestaciones patológicas que surgen durante su vida útil, lo que compromete su nivel de rendimiento requerido. La infiltración puede ocurrir cuando el sistema de techado no tiene su impermeabilización realizada correctamente o cuando, por alguna razón, dejó de actuar y dejó espacio para la filtración de agua (Frazão, 2015).

Por estas razones y similares a otros materiales y elementos de construcción, deben estar sujetos a un proceso sistemático de inspección de rutina en el que se desarrolla un diagnóstico (Walter et al., 2005).

La comunidad científica ha dedicado más atención al vasto campo de inspección, diagnóstico, mantenimiento y rehabilitación de edificios, incluidos los sistemas para apoyar la inspección de anomalías (Ferraz, G.T. et al., 2016). Para proporcionar buenos resultados, este proceso de inspección y diagnóstico debe planificarse y estandarizarse. Por lo tanto, además de un cronograma, el inspector debe seguir un conjunto de procedimientos estándar para obtener resultados confiables. En un estudio realizado por Conceição et al. (2019), que obtuvo como análisis de datos la inspección de 105 techos planos, y determinó que el uso del sistema de inspección, diagnóstico y rehabilitación creado aumenta la objetividad y la efectividad de una inspección. El autor también enfatiza que las hojas de inspección son necesarias para la caracterización adecuada de las anomalías, además de usar uno de los métodos recomendados durante las inspecciones, que es el uso del mapeo. El mapeo determina la incidencia de cada anomalía, así como su gravedad, lo que permite la creación de su proyecto de reparación y otros elementos del edificio.

Conceição et al. (2017) propone un sistema con técnicas de clasificación para diagnosticar anomalías en cubiertas planas asociadas a través de una matriz de correlación, indicando que durante la inspección, todas las anomalías deben ser identificadas y clasificadas. El autor caracteriza las técnicas de diagnóstico y describe que los aspectos visuales fueron el único criterio utilizado para clasificar las anomalías.

3.1 Normativas de inspección de edificios

Disponible en Brasil, con el propósito de ayudar a los profesionales en el campo, tiene el estándar ABNT NBR 5674: 2012 Mantenimiento de edificios: requisitos para el sistema de gestión de

mantenimiento a través de procedimientos generales que deben implementarse. Por lo tanto, los procedimientos de mantenimiento en los elementos del edificio son necesarios durante su vida útil y antes de esta fase, las inspecciones para la evaluación y la prescripción correcta de mantenimiento.

ABNT NBR 5674: 2012 define que las inspecciones deben realizarse bajo una hoja de ruta definida para los sistemas de un edificio, teniendo en cuenta el patrón de degradación y las manifestaciones esperadas para cada elemento, así como las quejas de los usuarios.

Otra institución de referencia en Brasil, con respecto a la inspección y evaluación de estructuras de ingeniería, es el Instituto Brasileño de Evaluación y Experiencia de Ingeniería - IBAPE, que es un Estándar Nacional de Inspección de Edificios. IBAPE define los procedimientos de inspección de edificios con vistas a lo que exigen ABNT NBR 5674: 2012 y ABNT NBR 15575-1: 2013, en relación con el mantenimiento de edificios y los requisitos generales de rendimiento de los edificios de viviendas, respectivamente. Esta norma especifica que las inspecciones realizadas deben clasificarse en tres niveles de complejidad y luego enumerar todos los sistemas y elementos a inspeccionar, a través de una secuencia sistemática y lógica que tenga en cuenta la relación entre los componentes.

Tener posesión de lo previamente propuesto, parte para el propio estudio, fase de obtención in situ de las condiciones reales, anomalías y fallas que pueden ocurrir en manifestaciones patológicas. Además de definir las prioridades para el tratamiento de anomalías y fallas basadas en metodologías definidas apropiadas para los elementos. Dichas prioridades determinarán la necesidad de posibles interdicciones totales o parciales de la estructura (Ibape, 2012).

También se debe hacer una indicación de recomendaciones técnicas para problemas, es decir, cómo se pueden corregir las anomalías y fallas para recuperar los requisitos mínimos de rendimiento y los requisitos que el marco debe seguir.

4. MÉTODO

Para lograr los objetivos del trabajo, el método utilizado para la inspección será el requerido por el Estándar Nacional de Inspección del IBAPE que define los procedimientos de inspección del edificio y el estándar ABNT NBR 5674: 2012, bajo la inspección y definición de asignación de prioridades de intervención propuestas por Morgado (2012) en Portugal. El método se aplica en un estudio de caso, siendo este uno de los edificios de la Universidad de Brasilia (UnB).

4.1 Definición de criterios de prioridad de intervención

De manera simplificada, en la metodología presentada por Morgado (2012), con respecto a la inspección, se identifican los elementos de una cubierta bajo la perspectiva de mantenimiento e inspección, llamados Elementos de fuente de mantenimiento (EFM), para que puedan ser registrados y sistematizaron las patologías, causas e intervenciones que pueden proponerse. Los EFM se pueden encontrar en las Tablas 4.1 y 4.2 de la disertación de Morgado (2012).

Cada EFM está asociado con las posibles anomalías para cada elemento, para esto utilizamos las Tablas 4.3; 4.4; 4.5 y 4.6 para las manifestaciones presentes en Morgado (2012).

Cada una de las anomalías identificadas tiene 4 criterios para caracterizarla. La agresividad del medio que está dispuesto a cubrir, el alcance de la anomalía (en relación con el área EFM), el nivel de degradación de EFM y la gravedad de la anomalía. Cada uno de estos criterios tiene una puntuación para cada nivel de degradación y un factor multiplicador para ello. Consulte la Tabla 1 a continuación para obtener esta información.

Tabla 1. Clasificación propuesta de anomalías EFM de los techos de los edificios (Adaptado de Morgado, 2012).

Crterios	Nivel	Descripción	Puntuación	Fator multiplicativo
Agresividad media	Reducido	Medio rural	1	1
	Medio	Medio urbano	2	
	Alto	Zona costera	3	
Extensión de la anomalía	Reducido	$\leq 20\%$	1	2
	Medio	21 a 70%	2	
	Alto	$\geq 70\%$	3	
Nivel de degradación de EFM	0	Sin degradación relevante	1	3
	1	Degradación superficial	2	
	2	Degradación moderada	3	
	3	Degradación acentuada	4	
Gravedad de la anomalía	A	Influencia negativa en el aspecto estético	1	4
	B	Aumento considerable de los cargos por acciones de mantenimiento posteriores.	2	
	C	Disminución de la durabilidad del elemento.	3	
	D	Funcionalidad de construcción deteriorada	4	
	E	Peligro para la seguridad del usuario.	5	

El indicador para la ampliación de las prioridades de intervención desarrollado por Morgado (2012) se calcula teniendo en cuenta el peso de cada anomalía con el peor de los casos. Cada manifestación tiene su peso calculado de acuerdo con la Ecuación 1 de acuerdo con los valores presentados en la Tabla 2.

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

En que:

$P_{\text{anomalía}}$ = peso de cada anomalía bajo análisis;

A = agresividad media;

E = extensión de la anomalía;

D = nivel de degradación;

S = severidad.

Para determinar el indicador de prioridad de intervención, $P_{\text{anomalía}}$ se pondera con el valor del peor de los casos, de acuerdo con la ecuación 2.

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

En que:

$P_{\text{intervención}}$ = indicador para la escala de prioridad de intervención;

$P_{\text{anomalía}}$ = peso de cada anomalía bajo análisis.

Al aplicar estos cálculos, es posible determinar varios valores y porcentajes y así clasificar la urgencia de las acciones de mantenimiento correctivo.

Finalmente, después de poseer la calificación $P_{anomalía}$, debe corregirse a un índice porcentual que indique la velocidad requerida para corregir el problema, llamada $P_{intervenção}$, donde los intervalos están presentes en la Tabla 2, con una escala dividida en cuatro niveles.

Tabla 2. Clasificación de prioridad propuesta de intervención en cobertura MFS. (Adaptado de MORGADO, 2012)

Nivel	Prioridad de intervención	$P_{intervenção}$
1	Acciones sin urgencia	$24\% \leq P_{intervenção} \leq 40\%$
2	Acciones a mediano plazo (2 a 5 años) que necesitan ser monitoreadas	$40\% \leq P_{intervenção} \leq 60\%$
3	Acciones a corto plazo (1-2 años)	$61\% \leq P_{intervenção} \leq 80\%$
4	Acciones prioritarias inmediatas (6 meses)	$P_{intervenção} \geq 80\%$

4.2 Descripción del estudio de caso, estructura y sello

Para este trabajo se propone la inspección y evaluación de los sistemas de cobertura del Bloque C - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (ENC) de la Facultad de Tecnología (FT) de la Universidad de Brasilia - UnB que tiene un área total de 17,500m² ubicada en el Campus. Universidad Darcy Ribeiro, ala norte, a orillas de la carretera L3. La identificación del Bloque C, en el medio de todos los FT, se resalta en rojo en la Figura 1:

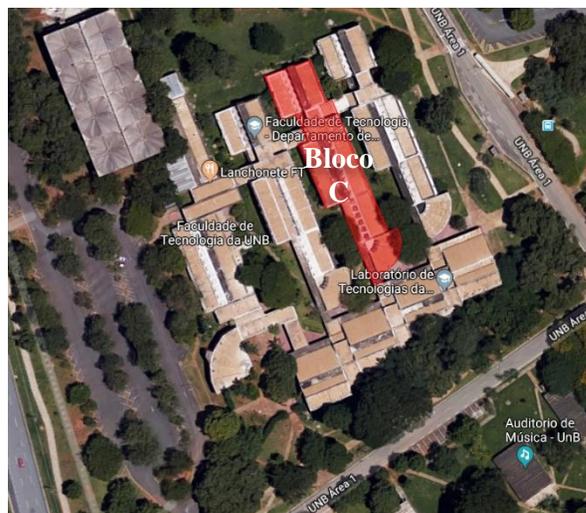


Figura 1. Situación de los edificios en la Facultad de Tecnología de la Universidad de Brasilia; - 15.763476° de latitud y -47.872465° de longitud (Adaptado de Google Maps, 2019).

Estas estructuras se encuentran en un edificio de complejidad media, con instalaciones específicas, como bombas y electricidad de alta potencia, que no tienen un plan de mantenimiento completamente definido, por lo que, dentro de lo anterior, es una inspección de nivel 2, de acuerdo con el estándar IBAPE.

El diseño del sistema de techado C-block está hecho de losas de concreto reforzado con nervaduras impermeables en áreas donde no hay techo y en regiones donde este elemento está presente, se utilizan losas nervadas protegidas por tejas.

En las áreas de losas impermeabilizadas se encuentran los módulos de *shed* para la iluminación cenital, los umbrales y la cobertura del vestíbulo del auditorio. Los techos son responsables de

transportar el agua de lluvia a las canaletas perimetrales rectangulares, construidas en el concreto e impermeabilizadas.

De las consultas realizadas en el ayuntamiento y el departamento del campus, se descubrió que no tiene un plan de mantenimiento para el bloque C. Los premios estándar del IBAPE como una fase de inspección preliminar para llevar con los usuarios y los responsables de obtener información y quejas que tenían sobre el medio ambiente.

Los problemas enumerados por los usuarios sirvieron como guía para definir áreas de enfoque en las encuestas. A partir de esto, los estudiantes y el personal de ENC mostraron una gran incomodidad relacionada con el sistema de cobertura durante la temporada de lluvias en el Distrito Federal, de septiembre a abril.

4.3 Estudio

Para la realización se utilizó una hoja con información general del edificio propuesto por Morgado (2012), identificado en su trabajo en el Anexo A.4.1. Durante la visita una segunda hoja con la caracterización de la cobertura según la tipología (cobertura plana o inclinada por la clasificación de Morgado (2012)) y elementos fuente de mantenimiento.

4.3.1 Descripción de las áreas de enfoque del estudio

Basado en los proyectos proporcionados por el Centro de Planificación Oscar Niemayer (CEPLAN), el sistema de cobertura de bloque C actual se destaca en la Figura 2, respectivamente, el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental - ENC, y las áreas de enfoque representadas



Figura 2. Destaque en el plan de situación para el área construida (Adaptado de CEPLAN, 1973).

Las quejas se centran en las infiltraciones en el pasillo del aula ENC (área de enfoque 1, 2 y 3) que se muestran en la Figura 3 en el aula CT 25/15 (área de enfoque 4) con agua que se derrama en la pared, que Según los usuarios proviene de la reunión entre la viga que soporta el techo y la mampostería, figura 4. Y finalmente, en el bloque C - ENC, hay quejas dentro del Auditorio del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, en el centro de la sala, también cerca Vigas que sostienen el techo (área de enfoque 5) Figura 5.

4.3.2 Problemas identificados

El sistema de cobertura evaluado del bloque C - Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental es generalmente sucio, con formaciones fúngicas, especialmente cerca de los árboles que bordean el edificio. Tales manifestaciones se originan de factores de la naturaleza dinámica de la envoltura. Cabe señalar que las causas y manifestaciones presentadas son solo hipótesis probables y determinadas a partir de la inspección táctil visual que ocurrió durante la visita in situ.

a) Área de enfoque 1, 2 y 3

En la visita interna realizada el 30/10/2018 por la mañana, después de una temporada de lluvias, se observaron fugas en el techo del pasillo del aula (áreas 1, 2 y 3), incluso después de que la lluvia había cesado, como se muestra en la Figura 3 y la Figura 4. Las canaletas son múltiples y están dispersas en un área amplia del techo.



Figura 3. Canales en el revestimiento del techo del pasillo con moho, manchas de humedad y desprendimiento del revestimiento.



Figura 4. Techo deformado con acumulación de agua y presencia de escombros.

b) Área de enfoque 4

Otro generador importante de quejas en el Bloque C son las infiltraciones en el aula CT 25/15 (área 4) del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Las imágenes proporcionadas fueron tomadas en la mañana del 29/10/2018 después de una noche lluviosa. En las imágenes de la Figura 5 y la Figura 6, se destaca que las infiltraciones tienen flujo de agua que se origina en la transición de la mampostería del haz dentro de la habitación, y al final de la zona de reconocimiento, cerca de la zona de enfoque 4, hay una junta estructural sellador para evitar que pase agua.



Figura 5. Drenaje de agua en la interfaz viga-mampostería



Figura 6. Junta estructural sin sellador

c) Área de enfoque 5

Otro lugar en el que se expresaron situaciones de incomodidad relacionadas con la pérdida del rendimiento de la estanqueidad del techo fue el auditorio ENC (área 5). La inspección interna se realizó el 13/11/2018 para la verificación de las infiltraciones reportadas. Es posible ver cerca de una viga del techo de las marcas del auditorio de canaletas recién secas, incluidos los charcos que aún salen del piso. La Figura 7 y la Figura 8 a continuación ilustran dichos puntos que indican la trayectoria del agua y la formación de charcos.



Figura 7. Resalte las manchas de humedad en el techo



Figura 8. Charcos de agua formados por el goteo.

d) Áreas que influyen en el rendimiento del sistema.

Estas áreas se descubrieron a partir de la inspección externa en el sitio, tales áreas influyen en el rendimiento del sistema por la aparición de anomalías.

Los *sheds* y el techo del hall de entrada del auditorio no tienen techo, están hechos de losas sólidas impermeabilizadas, figura 9, figura 10 y figura 11. Los *sheds* presentes en el techo son desde un punto de vista estructural. Rendimiento del elemento del sistema de cubierta en buen estado, con solo suciedad superficial sucia.

En la estructura de soporte no hay signos que indiquen una impermeabilización posterior después de la eliminación del techo. Se encontraron grietas por contracción principalmente en toda la losa y en algunos lugares pequeñas averías de concreto. Las juntas a lo largo de la losa, así como entre las losas y los rieles, están muy degradadas, sin signos de relleno y sellador, con acumulación de agua.



Figura 9, Figura 10 y Figura 11. Estructura de soporte sin techo / claraboyas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Prioridad de intervención de anomalía del bloque C

A continuación, la Tabla 3 se presenta con las anomalías en el bloque C, indicando el acrónimo y la descripción, de acuerdo con las Tablas 4.3, Tabla 4.4, Tabla 4.5 y Tabla 4.6 presentes en la metodología descrita en la disertación Morgado (2012).

Tabla 3. Identificación de anomalías existentes en el Bloque C para prioridad de intervención (Autor, 2018).

EFM	Sigla Anomalía	Descripción
Revestimiento (techo)	A-R 1	Fuerte deformación del revestimiento
	A-R 4	Acumulación de escombros y suciedad superficial
	A-R 7	Desarrollo de vegetación parasitaria
Estructura de soporte (solo losa descubierta)	A-E 2	Grietas
	A-E 3	Suciedad superficial y acumulación de escombros
	A-E 4	Degradación biológica por efecto fúngico, insectos xilófagos.
	A-E 5	Desglose
	A-E 10	Humedad
Tragaluces	A-V 1	Suciedad superficial y acumulación de escombros
Sistema de drenaje (canalones y caños)	A-D 1	Suciedad superficial y acumulación de escombros
	A-D 2	Manchas de agua
	A-D 3	Acumulación de agua
	A-D 5	Fracturas de canalones o grietas
	A-D 9	Sin desagües

A continuación, en la Tabla 4 y la Tabla 5, el procedimiento para definir la prioridad de intervención de anomalías.

Tabla 4. Procedimiento para definir la prioridad de intervención de cobertura del Bloque C (Autor, 2018).

EFM	Anomalia	Agressividade do meio		Extensão	
		Nível	Pontuação	Nível	Pontuação
Revestimiento (Telhado)	A-R 1	Médio	2	Médio	2
	A-R 4	Médio	2	Alto	3
	A-R 7	Médio	2	Médio	2
Estrutura de suporte (apenas laje descoberta)	A-E 2	Médio	2	Médio	2
	A-E 3	Médio	2	Alto	3
	A-E 4	Médio	2	Reduzido	1
	A-E 5	Médio	2	Reduzido	1
	A-E 10	Médio	2	Alto	3
Claraboia	A-V 1	Médio	2	Alto	3
Sistema de drenagem (calhas e tubos de queda)	A-D 1	Médio	2	Alto	3
	A-D 2	Médio	2	Alto	3
	A-D 3	Médio	2	Médio	2
	A-D 5	Médio	2	Reduzido	1
	A-D 9	Médio	2	Alto	3

Tabla 5. Continuación (Autor, 2018).

Anomalía	Nivel de degradación		Gravedad de anomalías.		P _{ponderado}	P _{intervención}	Prioridad de intervención
	Nivel	Puntuación	Nivel	Puntuación			Nivel
A-R 1	2	3	B	2	23	56%	2
A-R 4	1	2	A	1	18	44%	2
A-R 7	1	2	B	2	20	49%	2
A-E 2	2	3	D	4	31	76%	3
A-E 3	1	2	B	2	22	54%	2
A-E 4	1	2	B	2	18	44%	2
A-E 5	2	3	D	4	29	71%	3
A-E 10	1	2	A	1	18	44%	2
A-V 1	0	1	A	1	15	37%	1
A-D 1	2	3	D	4	33	80%	4
A-D 2	1	2	A	1	18	44%	2
A-D 3	2	3	B	2	23	56%	2
A-D 5	2	3	D	4	29	71%	3
A-D 9	2	3	D	4	33	80%	4

Es de destacar que los criterios de agresividad ambiental, extensión, nivel de degradación y gravedad de las anomalías se atribuyeron a cada una de las anomalías como se observó en la encuesta externa.

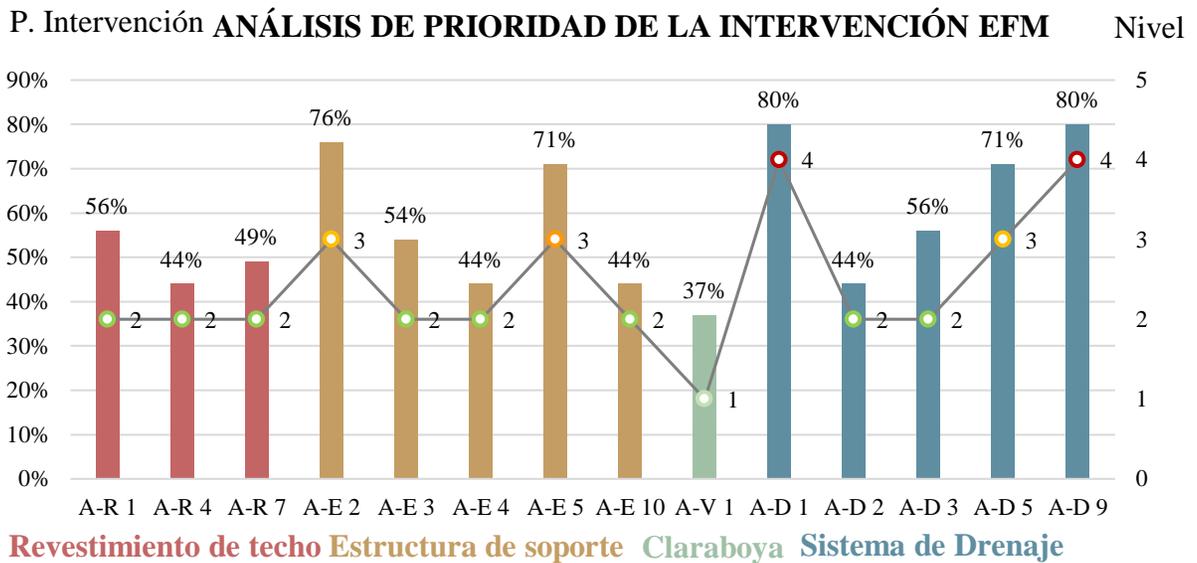
A partir de los niveles de prioridad encontrados, está claro que la mayoría de los problemas están en el nivel 2, es decir, sin reparación inmediata, con acciones a mediano plazo (2 a 5 años), pero con un monitoreo constante de la situación para verificar la evolución. de anomalías La claraboya, por ejemplo, está en buenas condiciones y con un nivel de intervención 1, es decir, no tiene acciones urgentes.

Se deben considerar las manifestaciones con criterios de prioridad de intervención de nivel 3, como grietas en la losa, pequeñas grietas en el concreto y grietas en las canaletas y sus juntas, que requieren acciones a corto plazo dentro de 1 a 2 años a lo sumo.

Ciertamente, las acciones que exigen una acción inmediata, dentro de un período de hasta 6 meses y clasificadas en el nivel 4 es la acumulación de escombros y suciedad en las canaletas, lo que indica la necesidad de una limpieza inmediata, lo que está completamente probado incluso por la gran cantidad de hojas controladas en los elementos. obstruyendo el paso del agua.

Las infiltraciones verificadas por el usuario probablemente estén relacionadas con las juntas y grietas en la losa de soporte, y en el criterio de prioridad de intervención por encima de tales manifestaciones se encontraba el nivel 3, que requiere acciones a corto plazo, no el nivel 4, inmediato, como se podría pensar. , lo que se explica por el hecho de que estos problemas no son muy grandes y su gravedad no es tan grave como para significar riesgos más graves para los usuarios. Aun así, se recomienda que los equipos de mantenimiento analicen y resuelvan estos problemas lo antes posible, ya que pueden representar un gran inconveniente para la comunidad académica, si de hecho son las fuentes de infiltración.

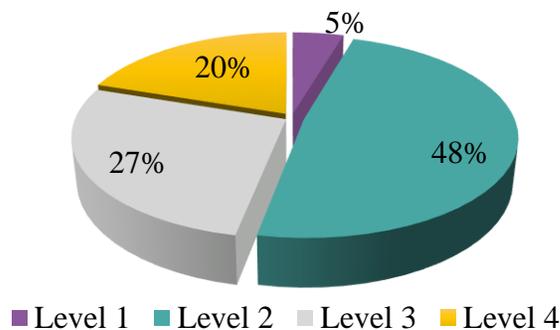
Además de las tablas y soluciones presentadas, también se analizaron las anomalías que obtuvieron niveles más altos de prioridad de intervención. La Figura 12 a continuación, que muestra la contribución relativa de cada anomalía a la muestra total de anomalías detectadas en la cubierta plana, también permite medir el nivel de prioridad de intervención de las anomalías por parte del EFM.



La Figura 12. Prioridad de intervención de EFM (Autor, 2018).

Se observa que la estructura de soporte y el sistema de drenaje obtuvieron los niveles más altos de prioridad de intervención. Esto significa que para los niveles 3 y 4 encontrados en el EFM resultó en una prioridad de intervención en el rango del 70% al 80%.

La Figura 13 muestra un gráfico con la distribución de los niveles de prioridad de intervención. Vale la pena señalar que el nivel 3 requiere acciones a corto plazo, y concentra un total del 27% de las anomalías, mientras que el nivel 4 es una acción prioritaria inmediata, se obtuvo un total del 20%. Por lo tanto, la intervención prioritaria dada en el nivel 3 y nivel 4 corresponde a casi el 50% del total de anomalías observadas, concentradas en grietas, fallas, suciedad superficial y puntos sin drenaje.



La Figura 13. Distribución de los niveles de prioridad de intervención de anomalías detectadas (Autor, 2018).

Morgado (2012) presenta la aplicación del método en cubiertas planas en Portugal, y obtuvo resultados con mayores niveles de anomalías para el nivel 2 y nivel 3 justificando con dos aspectos; Por un lado, el hecho de que las anomalías más comunes fueron las anomalías estéticas y la pérdida de adherencia y fijación (suciedad superficial, acumulación de escombros y vegetación parasitaria/colonización biológica, diferencias en la sombra y pequeñas manchas de corrosión), y, para segundo, cuando las anomalías no son estéticas, pueden ser puntuales, con niveles reducidos de degradación y gravedad. Las anomalías estéticas están asociadas con el aspecto visual y no con la seguridad o el agrietamiento de los elementos fuente de mantenimiento, razones observadas que les dan valores más bajos en el análisis multicriterio en cuestión.

Este hecho se presenta en el estudio de Poça (2015), donde las principales anomalías detectadas a través de las inspecciones están relacionadas con la acumulación de escombros, la colonización biológica y el desgaste de la superficie, lo que representa más del 50% de las anomalías. Los resultados encontrados por Conceição et al. (2019) también analizaron que las principales anomalías detectadas se debieron a la falta de mantenimiento que resultó en el desarrollo de la acumulación de escombros y el crecimiento biológico.

Un enfoque interesante para destacar es el desarrollo de sistemas integrados de gestión de edificios. Autores como Ferraz, GT et al. (2005), proporcionan un marco para los métodos de evaluación de la patología en elementos no estructurales de los edificios. Señala que, en la rehabilitación de edificios, la mayoría de los casos de anomalías en elementos no estructurales se pueden resolver de forma sistémica. Utilizando datos de inspección, información de verificación cruzada, en un sistema integrado de gestión de edificios, un inspector puede diagnosticar la anomalía y definir la mejor técnica de reparación, extendiendo así la vida útil esperada del edificio.

Por lo tanto, cuando se producen anomalías que pueden afectar el correcto funcionamiento de una cubierta, se deben utilizar técnicas de diagnóstico para localizar la fuente de la anomalía a fin de evaluar la técnica de intervención más adecuada y las posibles reparaciones de la estructura.

6. CONCLUSÕES

La inspección y evaluación de los sistemas de techado en este estudio de caso del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Brasilia pudo caracterizar, evaluar e identificar satisfactoriamente una de las principales anomalías que afectan a los usuarios del edificio y están relacionadas con esta parte del edificio. Las infiltraciones.

Estos sistemas de techo encontraron parte de la losa de soporte con desintegraciones, grietas y sin signos de impermeabilización, lo que debería haberse hecho después de la eliminación arbitraria de parte del techo, además de rieles muy sucios, acumulación de escombros y juntas de movimiento. sin relleno de sellador, lo que perjudica la estanqueidad de los elementos.

Las situaciones que requieren una resolución rápida en el bloque C se concentran en; También se recomienda la acumulación de suciedad y escombros en los rieles y la instalación de elementos protectores en la entrada de los tubos de caída, y las resoluciones para juntas y grietas en la losa desnuda. Los sistemas de ventilación e iluminación (*sheds*) están en buenas condiciones.

La infiltración es muy incómoda durante las estaciones lluviosas, impactando directamente en la vida académica, ya sea en la comodidad de las aulas, en interdicciones en espacios de locomoción o en el curso de investigaciones y ensayos.

A través de los resultados encontrados, se observó que las anomalías obtenidas por el criterio de prioridad de intervención, nivel 3 y nivel 4, deberían resolverse de inmediato, y estas acciones, cuando se suman, representan valores de aproximadamente el 50% de las anomalías totales observadas. La estructura de soporte y el sistema de drenaje presentaron los índices más altos y el mayor número de anomalías. Así, los principales focos de la intervención.

La gestión de mantenimiento responsable de los edificios debe adaptarse a ABNT NBR 5674: 2012, para implementar un plan de mantenimiento periódico que pueda identificar problemas y resolverlos de manera más efectiva, evitando inconvenientes recurrentes para la comunidad académica, incluso cuando las anomalías se identifican rápidamente, las primeras etapas suelen ser menos costosas de reparar.

Es de destacar que el enfoque de este trabajo no era la explicación de las causas y la atribución de responsabilidades, lo que configuraría una experiencia, sino solo la caracterización del estado actual de los sistemas de techado que fueron objeto de la inspección e inspección, centrándose en identificar problemas e indicaciones y recomendaciones técnicas para resolver situaciones.

7. REFERÊNCIAS

- Ambrozewicz, P. H L (2015), “*Construção de edifícios do início ao fim da obra*”. 1ª Edição. São Paulo: PINI.
- ASTM D1079 - American Society for Testing and Materials (2016). *Standard Terminology Relating to Roofing and Waterproofing*. Pensilvânia.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012). *NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o Sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro.
- Azeredo, H. A (1997), “*O Edifício até sua Cobertura*”. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher.
- Conceição, J. et al (2019), *Data Analysis of Inspection, Diagnosis, and Rehabilitation of Flat Roofs*. Journal Of Performance Of Constructed Facilities, [s.l.], v. 33, n. 1, p.04018100-0401810014, American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001252](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001252).
- Conceição, J. et al (2017), *Inspection, Diagnosis, and Rehabilitation System for Flat Roofs*. Journal Of Performance Of Constructed Facilities, [s.l.], v. 31, n. 6, p.137-148. 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).
- Ferraz, G. T. et al (2016), *State-of-the-Art Review of Building Inspection Systems*. Journal Of Performance Of Constructed Facilities, [s.l.], v. 30, n. 5, p.04016018-04010188. 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).
- Ferraz, G. T. et al (2015), *Integrated management systems building technique: inspection and repair of non-structural elements*. Revista Alconpat, [s.l.], v. 5, n. 2, p.137-148. Revista ALCONPAT. <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v5i2.83>.
- Frazão, Julie Cristie Faria (2015), “*Patologias Relacionadas às Coberturas: Estudo de caso em edificações unifamiliares de interesse social na cidade de Campo Mourão*” - PR. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.
- Google Maps. Disponível em: <<http://mapas.google.com>> Acesso em 12 jan. 2019.
- IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (2012). *Norma de inspeção predial nacional*. São Paulo.
- Lopes, G. (2010). “*Waterproofing coatings on flat roofs*”, LNEC, Lisbon, Portugal.
- Morgado, João Nicolau Pires Lopes Veiga (2012), “*Plano de inspeção e manutenção de coberturas de edifícios correntes*”.267f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- NBR 15575-1 (2013). *Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.
- Poça, Bruno João Fernandes (2015), “*Recuperação do edificado afeto ao Exército. Tecnologia e reabilitação de coberturas em terraço*”. 20115. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Militar, Técnico Lisboa, Portugal.
- Walter, Ana; BRITO, Jorge de; LOPES, Jorge Grandão (2005), *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. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.05.008>.
- Rato, Vasco; BRITO, Jorge de (2003), *Exigências Funcionais das Coberturas Inclinadas*. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/282251188>>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- Rocha, Pedro Tomé da (2008), “*Anomalias em coberturas de terraço e inclinadas*”. 179f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.