



Sistemas de gestión técnica integrada de edificios: inspección y reparación de elementos no estructurales

G. T. Ferraz¹, J. de Brito¹, V. P. De Freitas², J. D. Silvestre¹

¹ IST, Lisboa; Portugal, E-mail: jorge.brito@civil.ist.utl.pt

² FEUP, Porto; Portugal,

Información del artículo

Artículo recibido el 16 de Julio de 2015, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 25 de Agosto de 2015. Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el primer número del año 2016 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del tercer número del año 2015.

© 2015 ALCONPAT Int.

Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 5, No. 2, Mayo - Agosto 2015, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, Tel. 5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.mda.cinvestav.mx/alconpat/revista
Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, fecha de última modificación: 30 de Junio de 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.
Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

RÉSUMEN

La comunidad científica internacional ha dedicado la mayor atención a la vasta área de conocimiento de la inspección, diagnóstico, mantenimiento y rehabilitación de edificios, que se puede utilizar en el desarrollo de sistemas de gestión de edificios integrados. En este artículo, se realiza un encuadramiento de los métodos de evaluación de patología en elementos no estructurales de los edificios, basado en los actuales, presentando algunos de los desafíos en esta área. También se presenta un modelo a implementar en sistemas integrados de gestión de un edificio, formando una línea conductora y una base consistente para un sistema que se ponga en su lugar.

Palabras clave: patología de la construcción, sistema experto basado en el desempeño, método de evaluación, gestión de edificios.

ABSTRACT

The international scientific community has paid great attention to the wide field of inspection, diagnosis, maintenance and rehabilitation of construction, which can be used in the development of integrated buildings management systems. This paper browses the methods of evaluation of the pathological situation of non-structural building elements, based on existing ones and presenting also some of the challenges in this field. A model to be implemented in integrated buildings management systems is also proposed, which is a consistent guideline and working basis for such a system to become a reality.

Keywords: building pathology, expert knowledge-based system, assessment method, building management.

RESUMO

A comunidade científica internacional tem dedicado a maior atenção ao vasto campo do conhecimento da inspeção, diagnóstico, manutenção e reabilitação das construções, o qual pode ser utilizado no desenvolvimento de sistemas de gestão integrada de edifícios. Neste artigo, é feito um enquadramento aos métodos de avaliação da patologia em elementos não-estruturais de edifícios, com base nos actualmente existentes, apresentando-se alguns dos desafios neste domínio. É também apresentado um modelo a implementar em sistemas de gestão integrada de um edifício, constituindo uma linha condutora e uma base de trabalho consistente para que um sistema deste tipo seja posto em prática.

Palavras-chave: patologia da construção, sistema pericial baseado no desempenho, método de avaliação, gestão de edifícios.

Autor de correspondencia: Jorge de Brito

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La fase de uso de los edificios es, la más importante de su vida útil, desde los puntos de vista económico y ambiental. La vida útil de un edificio corresponde al período de tiempo posterior a la construcción durante el cual un edificio, o sus elementos, exceden los requisitos mínimos funcionales para lo cual fue proyectado (Haapio and Viitaniemi, 2008). Por lo tanto, es hoy en día consensuado que el alargamiento de la vida útil de los edificios, consecuencia de su degradación, es la opción más adecuada (de Brito, 2009).

A nivel nacional, la ausencia de políticas de incentivo a las actividades de rehabilitación y mantenimiento, combinada con un escenario económico que promovió la construcción nueva, favoreció el crecimiento suburbano durante décadas. En este contexto, Portugal observa una mudanza de paradigma en el sector de la construcción, que incluye la mudanza de foco en la nueva construcción para la rehabilitación de edificios existentes. De hecho, cuando los edificios son sometidos a actividades de mantenimiento y rehabilitación, la durabilidad de los elementos constructivos es aumentada, incrementando la vida útil esperada del edificio (Amaral and Henriques, 2013).

A ese respecto de cada edificio ser único y presentar diferentes tipos de anomalías, es posible identificar patrones al analizar una muestra significativa de edificios. De esta forma, fueron iniciadas bases de datos que ofrecen orientación en la prevención y reparación, a través del análisis sistémico de los datos recogidos de inspecciones. Una vez que las actividades de mantenimiento y rehabilitación son fundamentales para la durabilidad de los edificios, es esencial una interpretación correcta de sus anomalías, apoyada en inspecciones y diagnósticos objetivos. Sin embargo, los procesos de inspección y diagnóstico de los edificios son bastante complejos, influenciando la precisión de las medidas de intervención subyacentes (Aguar et al. 2006).

La comunidad científica nacional e internacional ha dedicado la mayor atención al vasto campo de conocimiento de la inspección, diagnóstico, mantenimiento y rehabilitación de las construcciones, incluyendo su uso en el desarrollo de sistemas de gestión integrada de edificios. Un gran esfuerzo se ha hecho en la incorporación de modelos computacionales a fin de auxiliar a los ingenieros en los procesos de toma de decisión (Farinha et al. 2005). Aun cuando los sistemas de gestión de edificios sean trivialmente usados en empresas, el foco principal de tales sistemas es generalmente la gestión de valor patrimonial y la gestión de mantenimiento planificada (Chang e Tsai, 2013). No obstante, las anomalías en edificios pueden comprometer su desempeño a nivel estructural y/o no estructural, siendo a veces necesarias intervenciones dispendiosas, a fin de devolver al edificio su estado original. Por consiguiente, el no usar sistemas de gestión que integren la inspección el diagnóstico de edificios puede comprometer el desempeño de los mismos a largo plazo (Amaral e Henriques, 2013).

Los estudios de patología de construcción tienen mucho destaque actualmente. En este artículo es hecha una revisión en el ámbito de los métodos de evaluación de la patología en edificios, presentando algunos de los desafíos en este tema, en lo que se refiere a la implementación de un sistema de gestión integrada de edificios fiable y aplicable.

2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DA PATOLOGÍA EN EDIFICIOS

Los avances en el tema de las tecnologías de información han propiciado la automatización de los procesos de toma de decisión en ingeniería. Al final de la década de 1980, la intensa actividad en el área de la tecnología condujo la implementación de diversos sistemas de gestión, referentes a diversas áreas de la ingeniería (Farinha et al. 2005). En lo que se refiere a patología de la

construcción, son cronológicamente presentados los más importantes métodos de evaluación de la patología en edificios, enfocados en los elementos no-estructurales.

2.1 DEFECT ACTION SHEETS (1982)

La organización británica BRE (*Building Research Establishment*), especializada en edificios, publicó una serie de fichas de anomalías en edificios, constituyendo una importante base de datos (Trotman, 2006). En resumen, 144 fichas de anomalías (*Defect action sheets*) fueron publicadas entre 1982 y 1990. La intención de estas fichas es brindar las informaciones necesarias a los profesionales del sector de la construcción, en el ámbito de la prevención y corrección de anomalías en edificios. Cada una de estas fichas está compuesta por dos hojas A4 estructuradas de la siguiente forma: i) Descripción de la anomalía; ii) Descripción de las causas; iii) Medidas de prevención; e iv) Referencias e informaciones complementarias. Posteriormente, estas fichas fueron agrupadas y republicadas (BRE, 2001; CIB - W086 Building Pathology, 2013).

2.2 FICHAS DE REPARACIÓN DE ANOMALÍAS (1985)

En las actas del 1º Encuentro sobre Conservación y Rehabilitación de Edificios de Habitación, realizado en Lisboa, en Junio de 1985, fue presentada una metodología para la evaluación de la patología de un edificio que sería adoptada en la elaboración de las conocidas fichas de reparación de anomalías, publicadas por el Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil (LNEC, 1985). El conjunto de estas fichas es segmentado de la siguiente forma: i) Anomalías estructurales; ii) Anomalías no-estructurales; e iii) Instalaciones y equipamientos. A cada uno de los segmentos corresponde un grupo de fichas de reparación de anomalías. Cada una de estas fichas fue estructurada del siguiente modo: i) Síntomas; ii) Examen; iii) Diagnóstico de causas; e iv) Reparación.

2.3 CASES OF FAILURE INFORMATION SHEET (1993)

El consejo Internacional para la investigación e Innovación en Edificios y Construcción - CIB (*Conseil International du Bâtiment*) tiene un grupo de trabajo responsable por la investigación en patología de la construcción, designado *W086 Building Pathology*. Este grupo de trabajo publicó, en Junio de 1993, un modelo de fichas de patología, tituladas *Cases of failure information sheet*, totalmente dedicadas a los registros de patología, apuntando para la necesidad de la sistematización del conocimiento en el campo (CIB - W086 Building Pathology, 1993). Fue sugerida una estructura para la preparación de fichas de patología: i) Elemento constructivo; ii) Descripción da problemática; iii) Descripción das anomalías evidentes; iv) Descripción de anomalías que pueden ser monitoreadas; v) Representación gráfica (foto, dibujo); vi) Descripción da la anomalía; vii) Identificación de los agentes que causan la anomalía; viii) Errores; e ix) Informe diagnóstico.

2.4 FICHES PATHOLOGIE DU BÂTIMENT (1995)

En 1995, la agencia francesa AQC (*Agence Qualité Construction*), en alianza con la Fundación SMA, desarrolló un conjunto de fichas de patología, tituladas *Fiches pathologie du bâtiment* (AQC, 2014). Estas fichas fueron elaboradas de forma de evidenciar las principales anomalías en edificios de Francia, con base en los análisis de siniestros reportados a las compañías de seguros. Las 61 fichas existentes fueron creadas en 1995 e ya están disponibles *en línea* desde 2003 (ver figura 1). Estas fueron agrupadas y seccionadas de acuerdo con las partes del edificio afectado. De manera semejante a los casos anteriores, estas fichas están estructuradas del siguiente modo: i) Descripción de la anomalía; ii) Diagnóstico; iii) Puntos sensibles; iv) Consejos de prevención; e v) Informaciones adicionales.

2.5 CONSTRUDOCTOR (2003)

La empresa portuguesa OZ - Diagnóstico, Investigación y Control de Calidad de Estructuras y Fundaciones, Lda. desarrolló un servicio de pre-diagnóstico de anomalías en edificios, llamado Construdoctor (Ribeiro e Cóias, 2003). El servicio surge como un sistema que brinda el diagnóstico *on-line*, cuyo principal objetivo es auxiliar en la corrección de anomalías en edificios, proporcionando explicaciones básicas sobre las causas probables, haciendo un diagnóstico preliminar y definiendo medidas correctivas. El servicio ofrece un pre-diagnóstico sobre la base de un formulario *on-line* (ver figura 2). Posterior al sometimiento, las respuestas del entrevistado son evaluadas por especialistas en la patología y rehabilitación de la construcción, que completan un informe *on-line* con la identificación de la anomalía, especificando las posibles causas y acciones correctivas.



Figura 1. *Fiches pathologie du bâtiment* (AQC, 2014)

INFORMAÇÃO RELATIVA AO IMÓVEL

Glossário dos termos da Construção

1) Qual a morada completa do edifício?*

2) Qual o ano aproximado de construção?

2.1) Se não sabe o ano exacto indique se a construção é anterior ou posterior a 1945

3) Qual o tipo de edifício?*

3.1) Outro

4) Qual o número de pisos

4.1) Acima do solo, incluindo o piso térreo?

4.2) Abaixo do nível do solo?

5) Qual o tipo de utilização do edifício?

5.1) Outro

6) Qual o nome do proprietário do edifício ou da sua fracção em análise?

7) Existe conhecimento de modificações estruturais introduzidas no edifício posteriormente à sua construção? (Se responder sim passe para a 7.1 se não para 7.2) Sim Não

7.1) Qual o tipo de modificações estruturais introduzidas?

Figura 2. Formulario *on-line* (Construdoctor) (Ribeiro e Cóias, 2003)

2.6 "APRENDER CON LOS ERRORES" (2004)

El catálogo de patología italiano "Aprender con los errores" (BEGroup, 2004) fue desarrollado por la BEGroup del Departamento de Ciencia y Tecnología del Patrimonio Construido (BEST) en el Politécnico de Milán. El catálogo referido es accesible *on-line* (ver figura 3), totalmente en italiano, donde los archivos de patología pueden ser accedidos. A semejanza de los casos anteriores, estas fichas están estructuradas de la siguiente manera: i) Registros de materiales; ii) Mecanismo de deterioro; iii) Registros de patología; iv) Registros de casos de estudio; y v) Registros de anomalías.

2.7 PATORREB (2004)

El Grupo de Estudios de Patología de la Construcción creó un sitio web dedicado a la divulgación de un catálogo de fichas de patología (Freitas et al. 2007). Desde 2004, los usuarios registrados tienen acceso al campo de Patología, donde el esquema de un edificio presenta las fichas de patología de acuerdo con el elemento constructivo (ver figura 4). Al seleccionar el respectivo elemento, es presentada la lista de fichas de patología asociadas. A semejanza de los casos anteriores, estas fichas están estructuradas de la siguiente forma: i) Identificación de la patología; ii) Descripción de la patología; iii) Sondeos y medidas; iv) Causas de la patología; e v) Soluciones posibles de reparación.



Figura 3. "Aprender con los errores" (BEGroup, 2004)

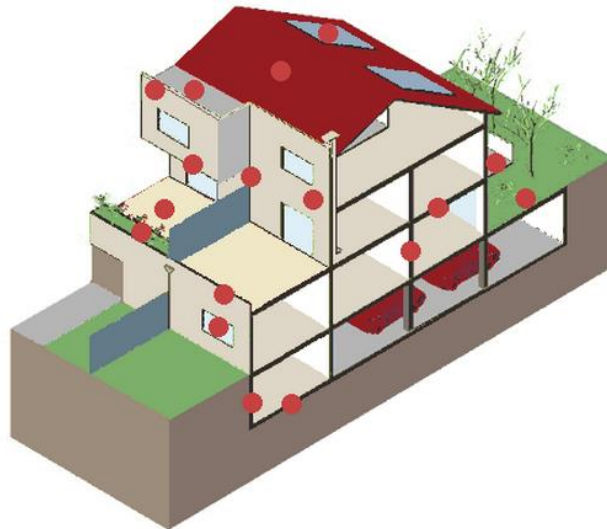


Figura 4. Esquema de un edificio (Patorreb) (Freitas et al. 2007)

2.8 WEB-BASED PROTOTYPE SYSTEM (2009)

En el 2009, Fong e Wong crearon el prototipo de un sistema de gestión integrada de edificios (ver figura 5), teniendo varios objetivos en mente: i) brindar un abordaje amigable al usuario; ii) brindar un abordaje simple en el proceso de presentación de la información; y iii) permitir la comunicación entre los diferentes usuarios del sistema, mejorando el intercambio de conocimientos y experiencia, en el ámbito de la patología de la construcción (Fong e Wong, 2009). Con ese fin, fue usado un cuestionario para investigar las opiniones de los profesionales de la construcción relativamente la captación y reutilización del conocimiento y experiencia. Posterior al levantamiento preliminar, se realizaron entrevistas a profesionales interesados, y se registra el conocimiento y la experiencia acumulada en formularios libres de cualquier estructura, siendo posteriormente introducidos en el prototipo do sistema de gestión integrada.

2.9 MAINTAINABILITY WEBSITE (2010)

En 2004, fue desarrollado, en la Universidad Nacional de Singapur (NUS), un proyecto de dos años concebido para estudiar los problemas sufridos por diferentes tipos de edificios en climas tropicales. En 2005, fue criado el *Maintainability website* (ver figura 6), siendo actualizado hasta el año 2010. El sitio web procura concientizar a los profesionales de la construcción acerca de los obstáculos para un buen mantenimiento de edificios (Chew, 2010). El sitio web fue desarrollado en Inglés y está dividido en los siguientes módulos: i) Biblioteca de anomalías, con informaciones sobre tipos de anomalías y sus causas, mantenimiento y métodos de diagnóstico; ii) Manual de materiales, con informaciones sobre el desempeño y durabilidad de los materiales; e iii) Sistema de evaluación del mantenimiento, desarrollado para facilitar la selección de alternativas sustentables. Relativamente al módulo i) Biblioteca de anomalías, que está directamente relacionado con el ámbito del presente artículo, a base de datos de anomalías está agrupada do siguiente modo: i) Anomalías en fachadas, ii) Anomalías en áreas húmedas, iii) Anomalías en bodegas; y iv) Anomalías en techos. En lo que se refiere a los registros de anomalías, estos están organizados de la siguiente manera: en las dos primeras secciones el tipo de anomalía es ilustrado y las posibles causas explicadas; las buenas practicas constructivas son compiladas en la tercera sección con el objetivo de evitar errores sistemáticos; en la cuarta sección son ilustradas las técnicas de diagnóstico y mantenimiento; las posibles técnicas correctivas son ilustradas en la quinta sección..

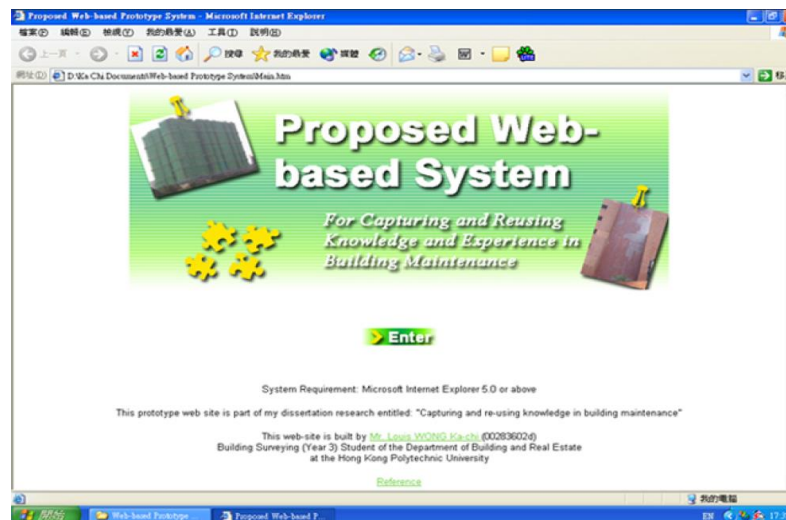


Figura 5. *Web-based prototype system* (Fong e Wong, 2009)



Figura 6. *Maintainability website* (Chew, 2010)

2.10 BUILDING MEDICAL RECORD (2013)

En 2013, Chang y Tsai propusieron el concepto de “registro médico de en edificio”, análogo a los registros médicos humanos (Chang e Tsai, 2013), presentando un sistema de diagnóstico. En el escenario de aplicación de este sistema, un perito de investigación en situaciones patológicas con una base de datos, se auxilia para el diagnóstico de anomalías en edificios. El usuario recibe la notificación, a través de una conexión a Internet, en el local de la construcción. Este sistema es compuesto por cuatro módulos principales: i) Procesamiento de documentos; ii) Extracción de la solución clave; iii) Cálculo de simulación; y iv) Clasificación de la importancia. Según los autores, las constructoras pueden ofrecer servicios especializados, en respuesta a problemas de mantenimiento y de gestión, usando este sistema. La acumulación eficaz y reutilización de registros de reparación también pueden ser hechas durante la fase de proyecto de un edificio.

3. ANÁLISIS CRÍTICA Y COMPARATIVA

Aun cuando que en la rehabilitación de edificios, cada caso sea un caso, la mayoría de las ocurrencias de anomalías en elementos no estructurales puede ser resuelta de una forma sistémica. Usando datos de inspecciones, o cruzamiento de informaciones, y un sistema de gestión integrada de un edificio, un inspector puede diagnosticar la anomalía y definir la mejor técnica de reparación. En este contexto, la adquisición de datos sobre el desarrollo de anomalías en la construcción es indispensable para la planificación de las acciones de mantenimiento y reparación. La fiabilidad de esta información es fundamental para tomar decisiones racionales.

Partiendo del análisis de los métodos de evaluación de la patología en edificios, se puede fácilmente concluir que todos tienen una estructura semejante en lo que se refiere a la Descripción de anomalías: i) Descripción / identificación de la anomalía; ii) Causas probables; y iii) Diagnóstico y técnica de reparación. Indudablemente, parece que todos los métodos de evaluación de la patología en edificios encontrados en la literatura tienen una organización semejante, más ninguna es completamente dedicada a la intervención, lo que refuerza la importancia de la investigación en este tema.

En relación a los métodos de evaluación basados en fichas de anomalía, *Defect action sheets* (1982), Fichas de reparación de anomalías (1985) y *Cases of failure information sheet* (1993), estos representan el punto de partida para el análisis sistémica de la patología en edificios. A través del análisis sistemático de los datos recogidos en estudios de investigación, fue posible establecer bases

de datos confiables, que proporcionan una orientación en la prevención y reparación de anomalías de elementos no-estructurales de edificios, es una contribución importante en el desarrollo de sistemas de gestión integrada. En ese sentido el contenido de la información podrá estar en desacuerdo con las prácticas constructivas comunes, debido a los continuos avances en las técnicas de construcción y de reparación.

En lo que respecta a los métodos de evaluación que hace uso de las más recientes tecnologías de la información, es posible identificar tres métodos muy semejantes en su gesta: *Fiches pathologie du bâtiment* (1995), "Aprender con los errores" (2004) y Patorreb (2004). En estos casos, diversas fichas de anomalías son accesibles a través de un sitio web, a partir de donde pueden ser descargados e impresos. A través de estos métodos, a divulgación de los registros de patología se volvió una realidad. No obstante, no fueron tomadas medidas a fin de filtrar el contenido de las fichas de patología, de modo de ofrecer a los usuarios una solución de reparación expedita.

Los métodos de evaluación Construdoctor (2003) y *Building medical record* (2013), surgen como sistemas que ofrecen diagnóstico *on-line*. Posterior a la completación del formulario, las respuestas del usuario son evaluadas por especialistas en la patología de la construcción, que hacen un informe *on-line*. También se observa que la información ofrecida en el informe es apenas un pre diagnóstico dado por técnicos, sin una visita al edificio. Por esa razón, el informe no puede ser tan preciso como se desea.

Con respecto al método *Web-based prototype system* (2009), es importante notar que el sistema no fue concebido para ofrecer cualquier regla sistematizada. Según los autores, las investigaciones concluyeron que el conocimiento, en el ámbito de la patología de la construcción, es de contexto específico y no puede ser generalizado. En vez de eso, el sistema permite a los usuarios compartir y recuperar la experiencia de otros profesionales, a fin de facilitar su propio proceso de toma de decisión.

Finalmente, se debe dar mayor atención al método *Maintainability website* (2010). Este método pretende brindar un diagnóstico objetivo, a través del desarrollo de una biblioteca de anomalías incluyendo, un manual de materiales y un sistema de clasificación de las técnicas de mantenimiento. Relativo a la biblioteca, las anomalías y respectivas causas son explicadas e ilustradas a través de fotografías. Las técnicas de diagnóstico y reparación están también incluidas. De esta forma, los usuarios de este método de evaluación son incentivados a encontrar un diagnóstico, con base en imágenes. No obstante, no fueron encontrados datos estadísticos, específicamente en lo que se refiere a las correlaciones entre anomalías, diagnóstico y técnicas de reparación. Como resultado, el diagnóstico puede no ser tan preciso cuanto se espera, una vez que es claramente dependiente de la experiencia del usuario / inspector. Por ese motivo, el método tiene algunos desafíos en lo referente a la intervención.

Entre otros desafíos identificados sobre los métodos de evaluación de la patología en edificios encontrados en la literatura, a objetividad de la información concedida es un pre-requisito para la toma de decisiones racionales. A fin de superar algunos de los desafíos encontrados, investigadores del Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa desarrollaron sistemas de inspección y diagnóstico, aplicados a varios elementos constructivos no estructurales. Estos sistemas son caracterizados por la definición y clasificación de las cuatro variables más importantes en la patología: anomalías, causas, técnicas de diagnóstico y técnicas de reparación, siendo que fueron también establecidas correlaciones cuantitativas (de Brito, 2009). Siguiendo un abordaje sistémico, estudios fueron publicados sobre los siguientes elementos no-estructurales de edificios:

- i) Impermeabilizaciones de techos en azoteas (Walter et al. 2005);
- ii) Revestimientos ceramicos adherentes en pisos y paredes (Silvestre y de Brito, 2009; Silvestre e de Brito, 2010; Silvestre e de Brito, 2011);

- iii) Revestimientos epóxicos en pisos industriales (García e de Brito, 2008);
- iv) Paredes de bloque (Gonçalves et al. 2013, 2014);
- v) Revestimientos de piso de madera (Delgado et al. 2013);
- vi) Revestimientos en piedra natural en pisos y paredes (Neto e de Brito, 2011; Neto y de Brito, 2012)
- vii) Divisiones en yeso laminado (Gaião et al. 2011; Gaião et al. 2012);
- viii) Frisos comunes en fachadas interiores (Palha et al. 2012; Pereira et al. 2011);
- ix) Revestimientos en techos inclinados (Garcez et al. 2012; Garcez et al. 2015a; Garcez et al. 2015b);
- x) Yeso en paredes (Sá et al. 2015a; Sá et al. 2015b);
- xi) Pinturas en frisos (Pires et al. 2015a; Pires et al. 2015b);
- xii) ETICS (Amaro et al. 2013; Amaro et al. 2014);
- xiii) M (Santos, 2012; Vicente, 2012).

A través de una intensa investigación bibliográfica basada en publicaciones científicas internacionales, se recogió la información actualmente disponible sobre la patología de elementos no estructurales. Esta información fue complementada con la ejecución de trabajos de campo con extensas muestras representativas, permitiendo la creación de un mayor entendimiento relativamente al origen de las anomalías, ofreciendo un método sistémico para el diagnóstico de las mismas y facilitando la elección de métodos de intervención para reparación. Estos sistemas disponen de las siguientes herramientas:

- i) Lista de clasificación de anomalías: identificación y clasificación de las anomalías más comunes en cada elemento;
- ii) Lista clarificativa de causas: identificación y clasificación en las causas más probables en origen de diversas anomalías identificadas;
- iii) Lista de clasificación de técnicas de diagnóstico: clasificación del tipo de ensayos que permiten caracterizar las anomalías identificadas, así como auxiliar en la determinación de la posible causa.;
- iv) Lista de clasificación de técnicas de reparación: clasificación del tipo de técnicas de intervención más adecuadas para cada una de las anomalías identificadas;
- v) Matriz de correlación anomalías-causas: atribución de relación nula, indirecta o directa entre cada anomalía y cada causa listada;
- vi) Matriz de correlación inter-anomalías: probabilidad de desarrollo de una anomalía, en presencia de otra.;
- vii) Matriz de correlación anomalías-técnicas de diagnóstico: atribución de relación nula, promedio o alta a una técnica de diagnóstico necesaria para la caracterización de una anomalía, o entendimiento de sus condiciones para conocimiento del origen;
- viii) Matriz de correlación anomalía-técnicas de reparación: atribución de relación nula, promedio o alta a una técnica de reparación relativa a su adecuación en la resolución de anomalías.

Entre tanto, ninguno de los sistemas creados se encuentra debidamente informatizado, siendo todavía susceptible a inadecuadas interpretaciones, posibilitando todavía el error en el uso de los mismos.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS

En el área de rehabilitación de edificios, se establece que el procedimiento de rehabilitación debe comenzar con una inspección, asegurando la caracterización adecuada de las anomalías existentes, que culminará con la presentación de un diagnóstico y la respectiva técnica de reparación. Habiendo comprobado la importancia de establecer métodos de evaluación de la patología en

edificios, es importante crear un sistema de gestión integrada de edificios fiable, que posibilite el acceso al vasto campo del conocimiento de la patología de las construcciones.

A partir del análisis de los métodos de evaluación de la patología de edificios encontrados en la literatura, se concluye que todos tienen una organización parecida pero ninguno es por entero dedicado a la intervención. A fin de crear un sistema de gestión integrada fiable, los sistemas parciales desarrollados en el Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa se figuran como bases confiables, una vez que se rigen por el mismo abordaje sistémico, anclados en el conocimiento de las áreas de inspección, diagnóstico y rehabilitación de elementos no-estructurales de edificios. A través de este abordaje sistémico, fueron definidos y clasificados los parámetros más importantes de la patología de varios elementos de construcción, bien como las correlaciones cuantitativas entre estos. En ese contexto, la creación de un sistema de gestión integrada global, incluyendo todos los sistemas parciales desarrollados hasta el momento, surge como una perspectiva futura bastante creíble.

La implementación de un sistema de gestión integrada de edificios apoyado en los sistemas parciales desarrollados en el Instituto Superior Técnico, colocará en práctica todas las herramientas referidas en la sección 3 de este artículo. Sin embargo hay un largo camino a seguir, a fin de colocar ese sistema en práctica. La creación de un sistema global con base en listas normalizadas de anomalías, causas, métodos de inspección y técnicas de reparación son como un gran desafío, debido a la cantidad enorme de información. El análisis y normalización de los sistemas parciales incluyen la apreciación conjunta de anomalías, causas, técnicas de diagnóstico y métodos de reparación de cada elemento constructivo.

A fin de implementar un sistema de gestión integrada de edificios, se debe tener en consideración las diversas fases por las que un edificio pasa, incluyendo las inspecciones periódicas generales y específicas a los elementos constituyentes del edificio, bien sea como las consecuentes intervenciones de mantenimiento, reparación y/o sustituciones. Para que un sistema de este tipo sea puesto en práctica, es necesario construir una herramienta informatizada que tenga como base el edificio sus elementos. Este sistema deberá incluir una base de datos que permita almacenar la información relevante sobre el edificio; un módulo que permita la normalización de las actividades de inspección y los informes resultantes; es un módulo de decisión sobre la acción a realizar posterior a la inspección y el diagnóstico de anomalías eventualmente existentes, dedicado a las operaciones de mantenimiento del edificio. Usando los atributos referidos, se espera la disminución de la subjetividad de las inspecciones de elementos de edificios y la eliminación de la dependencia de la experiencia del inspector, que apuntan como algunos de los desafíos asociados a los métodos de evaluación de patología en edificios existentes.

Finalmente se tiene previsto que el sistema de inspección informatizado propuesto tenga la siguiente aplicación práctica: i) uso en inspecciones; ii) uso en el ámbito de los planes de mantenimiento pro-activo de edificios; iii) apoyo en la decisión de proyectos de rehabilitación; iv) preparación de informes de dilapidación de edificios; v) uso para reconocimiento oficial; vi) preparación del informe final de diagnóstico con una estructura normalizada; vii) uso como base pre normativa de metodología normalizada para inspecciones a edificios que tengan que ser reconocidas oficialmente; e viii) evaluación y gestión de activos inmuebles.

5. REFERENCIAS

- Aguiar, J., Paiva, J. e Pinho, A. (2006), “*Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais*”, LNEC, Lisboa.
- Amaral, S. e Henriques, D. (2013), “*Inspection and diagnosis: A contribution to modern buildings sustainability.*” Proc., Portugal SB13, Guimarães, Portugal, Multicomp, pp. 75-82.
- Amaro, B., Saraiva, D., de Brito, J. e Flores-Colen, I. (2013), “*Inspection and diagnosis system of ETICS on walls.*” Construction and Building Materials, Volume 47, pp. 1257-1267.
- Amaro, B., Saraiva, D., de Brito, J. e Flores-Colen, I. (2014), “*Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls.*” Journal of Civil Engineering and Management, Volume 20, pp. 511-526.
- AQC (2014), *Agence Qualité Construction*. [Online] Disponível em: <http://www.qualiteconstruction.com/outils/fiches-pathologie.html>
- BEGroup (2004), *Imparare dagli errori*, Italy, Regione Lombardia (em Italiano).
- BRE (2001), *Defect Action Sheets - The complete set*, London, BREPress.
- Chang, C.-Y. e Tsai, M.-D. (2013), “*Knowledge-based navigation system for building health diagnosis.*” Advanced Engineering Informatics, Volume 27, pp. 246-260.
- Chew, Y. L. (2010), *Maintainability of facilities: for building professionals*. Singapore, World Scientific.
- CIB - W086 Building Pathology (1993), *Building pathology: A state-of-the-art report*, Delft, Netherlands: CIB.
- CIB - W086 Building pathology (2013), *A state-of-the-art report on building pathology*, CIB, FEUP, LFC.
- de Brito, J. (2009), “*Sistemas de inspeção e diagnóstico em edifícios.*” Porto, Portugal, 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação, pp. 13-23.
- Delgado, A., de Brito, J. e Silvestre, J. D. (2013), “*Inspection and diagnosis system for wood flooring.*” Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 27, pp. 564-574.
- Farinha, F., Portela, E., Domingues, C. e Sousa, L. (2005), “*Knowledge-based systems in civil engineering: Three case studies.*” Advances in Engineering Software, Volume 36, p. 729–739.
- Fong, P. S. W. e Wong, K. (2009), “*Knowledge and experience sharing in project-based building maintenance community of practice.*” International Journal of Knowledge Management Studies, Volume 3, pp. 275-294.
- Freitas, V. P. d., Alves, S. e Sousa, M. (2007), “*Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção em Portugal - www.patorreb.com*”. Proc., 2º Congresso de Argamassas de Construção, Lisboa, Portugal.
- Gaião, C., de Brito, J. e Silvestre, J. (2011), “*Inspection and diagnosis of gypsum plasterboard walls.*” Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 25, pp. 172-180.
- Gaião, C., de Brito, J., Silvestre, J. (2012), “*Technical Note: Gypsum plasterboard walls: inspection, pathological characterization and statistical survey using an expert system.*” Materiales de Construcción, Instituto Eduardo Torroja, Spain, pp. 285-297.
- Garcez, N., Lopes, N., de Brito, J. d. e Sá, G. (2012), “*Pathology, diagnosis and repair of pitched roofs with ceramic tiles: Statistical characterisation and lessons learned from inspections.*” Construction and Building Materials, Volume 36, pp. 807–819.
- Garcez, N., Lopes, N., de Brito, J. e Silvestre, J. (2015a), “*System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs.*” Construction and Building Materials, Volume 35, pp. 1034-1044.

- Garcez, N., Lopes, N., de Brito, J., Sá, G., Silvestre, J. (2015b), "*Influence of design on the service life of pitched roofs' cladding.*", Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 29, No. 3, pp. 04014073.
- Garcia, J. e de Brito, J. (2008), "*Inspection and diagnosis of epoxy resin industrial floor coatings.*" Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 20, pp. 128-136.
- Gonçalves, A., de Brito, J., Branco, F., e Amaro, B. (2013), "*Sistema de inspeção, diagnóstico e reparação de paredes de alvenaria.*" Revista Construlink, vol. 11.
- Gonçalves, A., de Brito, J. e Amaro, B. (2014), "*Systematic approach to inspect, diagnose, and repair masonry walls.*" Journal of Performance of Constructed Facilities, doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000650.
- Haapio, A. e Viitaniemi, P. (2008), Service life of a building in environmental assessment of buildings. Istanbul, Turkey, pp. 11-14.
- LNEC (1985). *Construction pathology (in Portuguese)*. Lisbon, LNEC, pp. 1-95.
- Neto, N. e de Brito, J. (2011), "*Inspection and defect diagnosis system for natural stone cladding.*" Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 30, pp. 1433-1443.
- Neto, N. e de Brito, J. (2012), "*Validation of an inspection and diagnosis system for anomalies in natural stone cladding.*" Construction and Building Materials, Volume 30, pp. 224-236.
- Palha, F., Pereira, A., de Brito, J. e Silvestre, J. (2012), "*Effect of water on the degradation of gypsum plaster coatings: inspection, diagnosis and repair.*" Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 26, pp. 424-432.
- Pereira, A., Palha, F., de Brito, J. e Silvestre, J. (2011), "*Inspection and diagnosis system for gypsum plasters in partition walls and ceilings.*" Construction and Building Materials, Volume 25, pp. 2146-2156.
- Pires, R., de Brito, J. e Amaro, B. (2015a), "*Inspection, diagnosis and rehabilitation of painted rendered façades.*" Journal of Performance of Constructed Facilities, Volume 29, No. 2, pp. 04014062.
- Pires, R., de Brito, J. and Amaro, B. (2015b), "*Statistical survey of the inspection, diagnosis and repair of painted rendered façades.*" Structure and Infrastructure Engineering, Volume 11, No. 5, pp. 605-618.
- Ribeiro, T. and Cóias, V. (2003), "*Construdoctor. Um serviço de pré- diagnóstico via internet.*" Proc. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, Volume 2, pp. 1037-1046, Lisboa, Portugal.
- Sá, G., Sá, J. and de Brito, J. (2015a), "*Inspection and diagnosis system for rendered walls.*" International Journal of Civil Engineering, Volume 12, No. 2, pp. 279-290.
- Sá, G., Sá, J., de Brito, J. and Amaro, B. (2015b), "*Statistical survey on inspection, diagnosis and repair of wall renderings.*" Journal of Civil Engineering and Management, Volume 21, No. 5, pp. 623-636.
- Santos, A. (2012), *Sistema de inspeção e diagnóstico de caixilharias*, Lisboa, Portugal: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- Silvestre, J. and de Brito, J. (2009), "*Ceramic tiling inspection system.*" Construction and Building Materials, Volume 23, pp. 653-668.
- Silvestre, J. and de Brito, J. (2010), "*Inspection and repair of ceramic tiling within a building management system.*" Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 22, pp. 39-48.
- Silvestre, J. and de Brito, J. (2011), "*Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system.*" Construction and Building Materials, Volume 25, p. 1560–1571.

Trotman, P. (2006), *Building pathology at the Building Research Establishment, UK - Cases studies, data bases and feedback to the construction industry*. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação, Porto, Portugal: Edições FEUP, 35 p.

Vicente, M. (2012), *Tecnologia e reabilitação de caixilharias*, Lisboa, Portugal: Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil no Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

Walter, A., de Brito, J. and Lopes, J. G. (2005), “*Current flat roof bituminous membranes waterproofing systems - Inspection, diagnosis and pathology classification.*” *Construction and Building Materials*, Volume 19, p. 233–242.