

PLATAFORMA WEB-BIM PARA GESTÃO DE INSTALAÇÕES DE UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Ricardo Resende ⁽¹⁾, Luís Coroado ⁽¹⁾, António Lopes ⁽¹⁾, Rodrigo Sacadura ⁽¹⁾, Maria Helena Teixeira ⁽¹⁾, Sara Eloy ⁽¹⁾, Miguel Sales Dias ⁽¹⁾

(1) ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa

Resumo

As instalações das instituições de Ensino Superior, que no caso do ISCTE-IUL estão concentradas num campus no centro de Lisboa, são usadas diariamente por vários milhares de utentes, acolhem inúmeros eventos e o exercício próprio da instituição e requerem investimentos constantes de manutenção, renovação e adaptação. Ao contrário de outros ativos estratégicos a sua gestão é frequentemente suportada por instrumentos informais: folhas de cálculo, documentação em papel e registos pessoais, tornando-se difícil controlar e planear operações e custos globais de manutenção por equipamento ou sistema. Por outro lado, os desenhos técnicos das instalações estão dispersos e não são fiéis à realidade construída, o que também dificulta as operações de manutenção, modernização e estudo de cenários de melhoria.

Perante este cenário, o ISCTE-IUL montou uma equipa multidisciplinar, tendo-se definido uma metodologia para o desenvolvimento de uma solução híbrida de gestão de edifícios e apoio ao utilizador. A primeira etapa consiste na uniformização e verificação no terreno dos desenhos dos projetos incluindo equipamentos fixos e móveis e redes, numa Base Digital de Desenhos em 2D CAD. A segunda etapa consiste na migração desta informação para um modelo BIM, mais completo e fácil de atualizar, principalmente no que diz respeito à extração de métricas. Simultaneamente com estas duas tarefas é realizada a análise, levantamento e especificação de requisitos de uma aplicação web que, interligada com o modelo BIM, irá registar intervenções de manutenção programada e reativa, orçamentos, controlo de stocks de material de reparação e restantes operações.

1. Introdução

1.1 Gestão de Instalações

A Gestão de Instalações, ou *Facility Management* (FM), pode ser definida como o conjunto de operações que asseguram o bom funcionamento das infraestruturas, nomeadamente edifícios, nas suas diversas componentes. É por natureza, uma atividade de suporte às funções primárias da organização e é multidisciplinar, exigindo competências tão díspares como a gestão de projetos, gestão da qualidade, engenharia, finanças, imobiliário, sustentabilidade, segurança, negociação, gestão da tecnologia ou a comunicação [1].

O FM tem ainda pouca visibilidade na indústria da construção em parte porque a quantidade de nova construção até à crise financeira e económica absorveu toda a atenção (sendo possível percorrer o currículo de um curso de engenharia civil ou arquitetura sem encontrar menção ao FM), mas também porque consiste numa série de atividades, fragmentadas, que decorrem continuamente, mas largamente ignoradas, sob o nosso olhar. Curiosamente, das grandes organizações, são as instituições de ensino que mais rapidamente estão a adotar medidas para agilizar os processos de gestão, nomeadamente através da aplicação de novas tecnologias [2].

No entanto, considerando todo o ciclo de vida, os custos de operação e manutenção de um edifício são várias vezes superiores ao de construção. Enquanto um ganho de eficiência na construção tem efeito nessa atividade, um ganho na gestão, seja a diminuição do consumo energético, melhorias ambientais, a organização duma área de trabalho ou a renegociação de um contrato, tem efeito repetido nos anos seguintes.

1.2 Gestão de instalações em instituição de Ensino Superior

As instituições de Ensino Superior têm sofrido alterações estruturantes nos últimos anos. A organização académica evolui mais rapidamente que há alguns anos, os postos de trabalho são mais fluidos refletindo a circulação de docentes, alunos e investigadores, coexistem centros de investigação, entidades independentes e participadas e os espaços são arrendados para eventos. Os calendários letivos dos inúmeros cursos variam e são frequentemente adaptados e o número de eventos pontuais é crescente. Diariamente há milhares de utentes internos e externos que trabalham, frequentam aulas, mas também se alimentam, divertem em espaços de descontração, estudam individualmente ou em grupo, usam bibliotecas, laboratórios, ginásios, etc. Esta exigência logística e o crescente rigor financeiro obrigam à quantificação detalhada dos custos, sendo, portanto, essencial poder imputar o custo de cada entidade, posto de trabalho, evento ou aula.

As ferramentas básicas para a gestão de instalações variam desde a coleção de folhas de cálculo, desenhos e manuais de equipamentos em pastas e arquivos em papel ao *know-how* dos funcionários sobre as instalações. Existem no mercado ferramentas informáticas que vão desde a gestão de equipamentos e operações diárias (*Computer Aided Facility Management* - CAFM) aos sistemas de gestão total de património incluindo arrendamentos, energia, hospitalidade ou *helpdesk* (*Integrated Workspace Management System* - IWMS) [1], [3]. Estes sistemas agregam informação atualizada, disponibilizam interfaces uniformes, perfis de utilizador com diferentes níveis de acesso, conduzem os processos, disponibilizam ferramentas de *reporting* e ligam-se aos departamentos financeiros, de compras, ou de património. Tal como acontece com qualquer

sistema que é integrado intimamente com a instituição, a sua instalação e configuração é naturalmente complexa e demorada.

1.3 Ferramentas BIM no FM

O BIM está a transformar toda a indústria da construção, desde o projeto e construção à vida útil dos edifícios, passando pela gestão, operação e manutenção, interligando estas fases de forma mais eficaz [4]. Para os donos de obra a metodologia BIM, sendo adotada no processo de projeto e construção, revela-se muito útil para armazenar e trabalhar a informação sobre o seu edifício [5], pois possibilita o armazenamento, atualização e utilização de informação georreferenciada sobre os edifícios e outras infraestruturas para gerir operações e manutenção do edifício. Apesar de haver algumas diferenças entre o nível de desenvolvimento [6] e os usos [7] dos modelos usados na construção e na gestão dos edifícios, o modelo BIM poderá transitar da fase de construção ou ser construído especificamente para a gestão do edifício. O interesse dos gestores de edifícios na metodologia BIM advém do apoio que esta ferramenta pode dar às operações de gestão de espaços e de equipamentos, análises de performance energética real e simulação de cenários, obras de intervenção, e renovação e reabilitação e gestão de ciclo de vida (adaptado de [8]).

2. Metodologia

2.1 A Equipa

Para responder à necessidade de modernização do funcionamento integrado das unidades do ISCTE envolvidas na gestão do campus, montou-se uma equipa multidisciplinar composta por técnicos de várias áreas. O grupo Digital Living Spaces (DLS) do Centro de Investigação em Ciências da Informação, Tecnologias e Arquitetura (ISTAR-IUL) é um centro de investigação nas áreas de Desenho Assistido por Computador e ferramentas digitais interativas, Realidade Virtual e Aumentada aplicadas à Arquitetura e Construção ([4]–[7]). Ao Gabinete de Desenvolvimento de Sistemas de Informação (GDSI) compete conceber e manter os sistemas de informação bem como garantir a integração dos mesmos promovendo o aumento contínuo da qualidade do ensino e investigação no ISCTE-IUL. Finalmente, e com papel fulcral, a Unidade de Edifícios e Recursos (UER) é a unidade que faz a gestão dos edifícios e infraestruturas do campus e tem procurado implementar sistemas que tornem esta gestão mais eficiente.

2.2 A gestão do campus do ISCTE-IUL

O campus do ISCTE-IUL concentra-se num só local no centro de Lisboa inserido na Cidade Universitária, com uma área útil construída superior a 100.000 m², dividindo-se por três edifícios com idades entre os 15 e os 40 anos, de dimensão e estilo distintos, sendo a navegação entre e dentro dos edifícios pouco intuitiva (figura 1).

A comunidade ISCTE-IUL é composta por alunos, docentes, investigadores e funcionários não docentes, distribuídos por quatro escolas e oito unidades de investigação, reunindo uma população superior a 10.000 utentes. Para além destes utilizadores, o ISCTE-IUL acolhe inúmeros eventos periódicos e singulares, nacionais e internacionais, como provas académicas,

eventos e reuniões de diversa índole, prestando ainda serviços de aluguer de espaços e organização de eventos, que em 2015 trouxeram ao campus cerca de 65.000 visitantes.

Ao contrário de outros ativos estratégicos como os recursos humanos, a gestão das infraestruturas no ISCTE-IUL é ainda suportada por folhas de cálculo, documentação em formato digital e alguns casos especiais em papel, estando os registos organizados em pastas de rede. Apesar da organização existente, é moroso agregar a informação para obter sumários de afetação de áreas e outras métricas ou controlar e prever custos de manutenção globais, por equipamento ou sistema. Por outro lado, os desenhos técnicos das instalações e redes estão dispersos em diversos formatos e frequentemente não estão de acordo com a realidade, em parte devido à requalificação e reabilitação dos espaços que o ISCTE-IUL tem realizado, visto que é obrigado a crescer dentro de fronteiras espaciais rígidas.



Figura 1: Vista do campus do ISCTE enquadrado na malha urbano do centro de Lisboa.

Apesar de estar ao corrente das soluções existentes no mercado para gestão de infraestruturas, o ISCTE-IUL não as adotou devido à expectativa de difícil adequação aos sistemas em uso e ainda aos custos de licenças e de atualização.

A equipa interna da UER sentia há vários anos a necessidade de basear a sua atividade em melhor informação e num sistema de controlo de processos formal e baseado em ferramentas que refletissem de forma atualizada o estado dos edifícios e sistemas associados. Nasceu assim este projeto, em ligação com as restantes unidades da instituição como a Qualidade, Comunicação, Serviços Académicos e de Apoio à Investigação.

2.3 A Base de Digital de Desenhos (BDD)

A primeira iniciativa a arrancar consiste na produção de plantas fiéis e atualizadas do campus em formato CAD 2D. Estes desenhos são elaborados a partir da compatibilização das telas finais originais com as múltiplas intervenções, o que implica, inúmeras medições no terreno. Apesar de os desenhos mais recentes (em geral pós-2000) existirem em formato digital, os restantes, em particular os de especialidades, estão em papel, sendo necessário a sua digitalização. Uma das dificuldades encontra-se na incoerência entre a realidade e as versões

em desenho (digital ou papel), sendo indispensável a contribuição dos funcionários que acompanham o campus desde a sua origem.

A BDD tem por base uma hierarquia de ficheiros CAD em quatro níveis e por edifício, permitindo o trabalho simultâneo de diferentes utilizadores em matérias específicas. Para a introdução de toda a informação de geometria e especialidades de forma codificada e uniforme adotou-se a Norma EN ISO 13567 [9], facilitando também a filtragem de informação não só enquanto se utiliza a base CAD, como também na relação com a aplicação web, e na organização e visualização de desenhos produzidos para distribuição (formato PDF). À medida que este trabalho foi avançando, os técnicos da UER foram solicitando não só desenhos, mas também listas de quantidades, áreas, etc. Por outro lado, verificou-se que a representação de equipamentos como mesas, cadeiras ou sanitários, através de blocos com atributos, era insuficiente para listar a informação necessária e relacioná-la com outras aplicações. Tornou-se evidente que se estava a “aumentar” a ferramenta CAD (Autocad 2016) para cumprir o papel de um BIM, tendo-se então tomado a opção de terminar o levantamento da geometria em 2D em algumas das especialidades, mas arrancar com o modelo BIM, substituindo-se gradualmente os processos de trabalho. Não obstante, foi dada formação presencial e na plataforma interna de *e-learning* e a BDD 2D é já usada internamente e diminui a necessidade de verificações no terreno, facilita a comunicação e interação com fornecedores e disponibiliza alguns valores fiáveis que servem de base às avaliações de desempenho de equipas de manutenção.

2.4 Modelação em BIM

A passagem dos desenhos em base CAD para BIM torna-se necessária não só pela dificuldade de armazenamento, tratamento e extração de informação, referidas na secção anterior, mas também pela necessidade de visualização e comunicação através de um modelo tridimensional, não só para intervenções de manutenção, como também pela potencialidade associada a ferramentas de navegação e visualização a desenvolver internamente.

O levantamento das necessidades, ou seja, os dados que as diferentes unidades de gestão necessitam e a forma como querem consumir essa informação iniciou-se no seio da própria UER, visto que é para esta unidade que as restantes se viram quando necessitam de plantas, listagens e relatórios. No entanto, um modelo de informação bem estruturado e explorado pode fornecer informação muito mais rica, pelo que se planeou a construção de um modelo-piloto que demonstra todo o potencial desta metodologia e assim poderá suscitar maior interesse, recolher mais opiniões e necessidades.

A plataforma web Fenix (<https://fenix.iscte-iul.pt>), parcialmente desenvolvida internamente, alberga toda a informação necessária à gestão académica, incluindo salas de aulas, horários, exames, registo de presenças automático através de leitores de cartões nas salas, abertura de portas, eventos, etc. Naturalmente, várias outras aplicações de gestão interagem com o Fenix pelo que um requisito indispensável do modelo BIM e da aplicação web de manutenção é a ligação e harmonização da informação entre as diferentes bases de dados pois a informação sobre os espaços no modelo com a já existente, o que apresenta vários desafios pois os objetivos das plataformas são distintos e isso reflete-se na organização da informação.

Após a conclusão da BDD, a metodologia traçada (figura 2) começa pela revisão dos projetos de arquitetura e restantes especialidades à lógica BIM, e extrusão da geometria elaborada em 2D para 3D, conforme ilustra a figura 3.

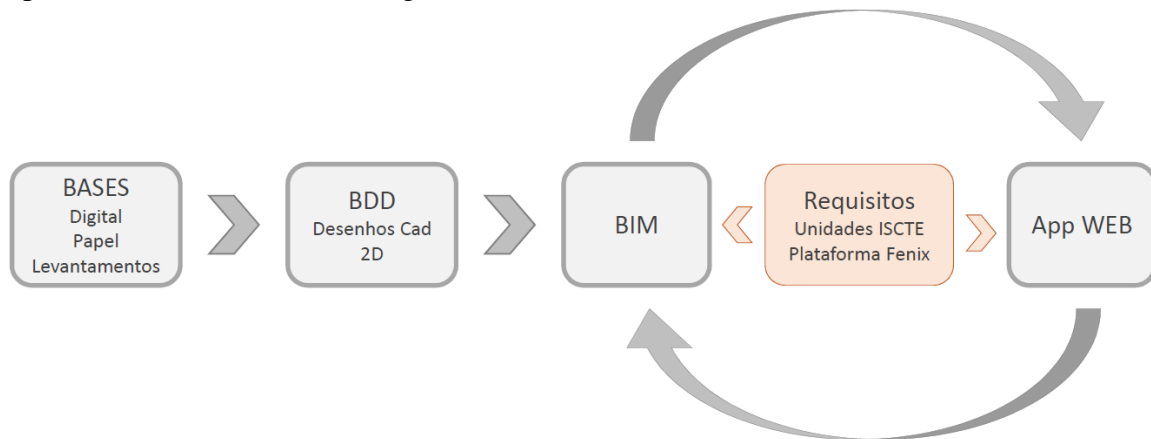


Figura 2: Processo de desenvolvimento e fluxos de informação.

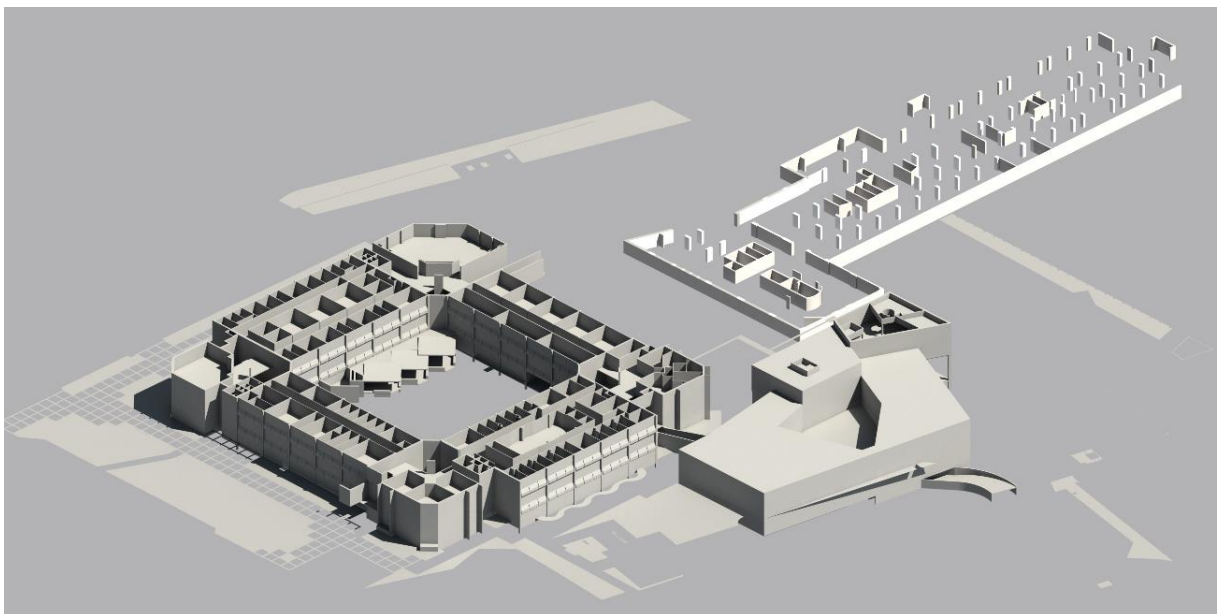


Figura 3: Vista dos modelos dos edifícios do campus ISCTE-IUL em diferentes estágios do processo de modelação. Cada edifício é modelado separadamente sendo referenciado no modelo global e inserido no modelo da envolvente urbana (não visível nesta figura).

Atualmente verifica-se melhorias na gestão de ativos, através da extração de dados quantificáveis de espaços, tipologias e afetações, áreas e volumes, bem como dados relativos a características de paredes, pavimentos ou outros (figuras 4 e 5). Em seguida, inserem-se equipamentos móveis e fixos, como portas, secretárias e cadeiras, computadores, sanitários, extintores, seguindo de forma sistemática as especialidades inerentes. Apesar da generalidade dos equipamentos ainda não ter o detalhe pretendido – sendo utilizado nesta fase um nível de desenvolvimento 300 (LOD, ver [6], [10]) é já possível criar inventários e obter dados

necessários para simular e projetar alterações nos espaços, calcular capacidades de ocupação e alocação de equipamentos, entre outros.

Posteriormente, pretende-se realizar a passagem da generalidade das redes e sistemas das diversas especialidades, bem como, introduzir a informação estritamente necessária com nível de informação 500, para facilitar o planeamento e a manutenção programada e corretiva, bem como fornecer indicadores-chave para auxiliar a tomada eficaz de decisões e prevenir conflitos de especialidades na realização de intervenções no Campus. A informação gerada e recolhida durante a utilização do binómio Modelo BIM – Plataforma Web de Manutenção será constantemente usada para atualizar os planos de manutenção existentes (e.g. [11]).

Os principais usos do modelo BIM, dividido numa hierarquia de ficheiros de acordo com especialidades e com os diversos edifícios, serão:

- Visualização do campus para a comunicação institucional, sinalética, desenhos 2D, aplicações de navegação, suporte aos projetos de intervenções no campus, sistemas de realidade virtual e aumentada, entre outros;
- Sincronização com informação sobre os espaços contida em diversos sistemas tal como ocupação (funcionários, unidades de ensino e de investigação, espaços de estudo, restauração, etc.), características dos espaços (como tipo de iluminação, capacidade, conforto, idade, ventilação);
- Compilação, armazenamento e tratamento de informação referente aos equipamentos mais relevantes, não só no que diz respeito à informação geométrica (características e localização) mas também características como fabrico, fornecedor, ligação a manuais de instruções, garantias, datas de manutenção, etc.
- Geração de relatórios escritos e gráficos sobre a informação contida no modelo, satisfazendo os requisitos regulares de várias unidades, mas também para apoiar a tomada de decisão e o planeamento estratégico da instituição (figuras 4 e 5).

Simultaneamente ao trabalho de modelação 3D, inserção, verificação e tratamento de dados, são conjugados os requisitos para a aplicação em desenvolvimento no GDSI, de forma a compatibilizar e integrar a aplicação com o modelo BIM, adequando e definindo também o *workflow* da UER (figura 2).

Uma das dificuldades práticas encontradas no processo de trabalho colaborativo em BIM, foi a de permitir a vários utilizadores aceder e contribuir para o mesmo modelo e de forma síncrona. Os testes feitos com pastas de rede, através de servidor interno do ISCTE-IUL, não se traduziram nos resultados expetáveis, não sendo possível sincronizar ficheiros, locais e centrais, devido a permissões de escrita definidas ao nível dos servidores, eventualmente devido à estrutura complexa da rede do ISCTE. A solução atualmente em testes passa pela utilização de pastas de rede que acedem diretamente à *cloud* da Microsoft (www.onedrive.com).

<Rooms_Ed 1- Sedas Nunes>							
A	B	C	D	E	F	G	H
Level	Number	Name	Area	Department	RoomType	Cap Total	Cap Prova
0 Piso							
0 Piso	0Ncor01	Corete	1 m ²		ZT		
0 Piso	0NW06	Gabinete	18 m ²	DAU	Gabinetes	2	
0 Piso	0NE04	IS H	4 m ²		Sanitários		
0 Piso	0NE05	Gabinete	15 m ²	DM	Gabinetes	3	
0 Piso	0NE06	Gabinete	35 m ²	DCTI	Sala	5	
0 Piso	0SE15	IS S	6 m ²		Sanitários		
0 Piso	0S04.2	Bar	13 m ²	AIESCE	Espaço Concessão		
0 Piso	0S04	Bar	14 m ²	AIIESEC	Espaço Concessão		
0 Piso	0S04.1	Armazém Bar	75 m ²	AIIESEC	Arrumos		
0 Piso	0SE22	Sala	44 m ²	TUNA	Sala	15	
0 Piso	0S05	Espaço de estudo/refeicao	46 m ²	AEISCTE	Sala	25	
0 Piso	0Sc	Corredor	56 m ²		Espaço Circulação		
0 Piso	0SE25	Sala	63 m ²		Espaço de Aula	24	16
0 Piso	0N10	Refeição	135 m ²	AIIESEC	Espaço Concessão	76	
0 Piso	0S03	Espaço de estudo	69 m ²		Sala	45	
0 Piso	0S06	Espaço de estudo	70 m ²		Sala	56	
0 Piso	0S01	Laboratório	71 m ²		Espaço de Aula	24	24
0 Piso	0S02	Laboratório	73 m ²		Espaço de Aula	24	24
0 Piso	0N08	Auditório	232 m ²	DPCS	Espaço de Aula	110	55
0 Piso	0N06	Auditório	160 m ²		Espaço de Aula	74	36
0 Piso	0Sa	Átrio	81 m ²		Espaço Circulação		
0 Piso	0SW03	Sala de Aula	168 m ²	DAU	Espaço de Aula	70	35
0 Piso	0SW04	Sala de Aula	86 m ²	DAU	Espaço de Aula	40	24
0 Piso	0SE12	Sala de Aula	90 m ²		Espaço de Aula	54	27
0 Piso	0SE13	Sala de Aula	107 m ²		Espaço de Aula	60	42
0 Piso	0SW01	Livraria Almedina	127 m ²		Espaço Concessão		
0 Piso	0NE01	Auditório	130 m ²		Espaço de Aula	78	36
0 Piso	0NE02	Auditório	144 m ²		Espaço de Aula	74	30
0 Piso	0SE18	Espaço de estudo/refeicao	294 m ²	AEISCTE	Espaço Concessão	200	
0 Piso:	66		2427 m ²				

Figura 4: *Schedule* de salas do piso 0 do Edifício 1 com alguns dos atributos.

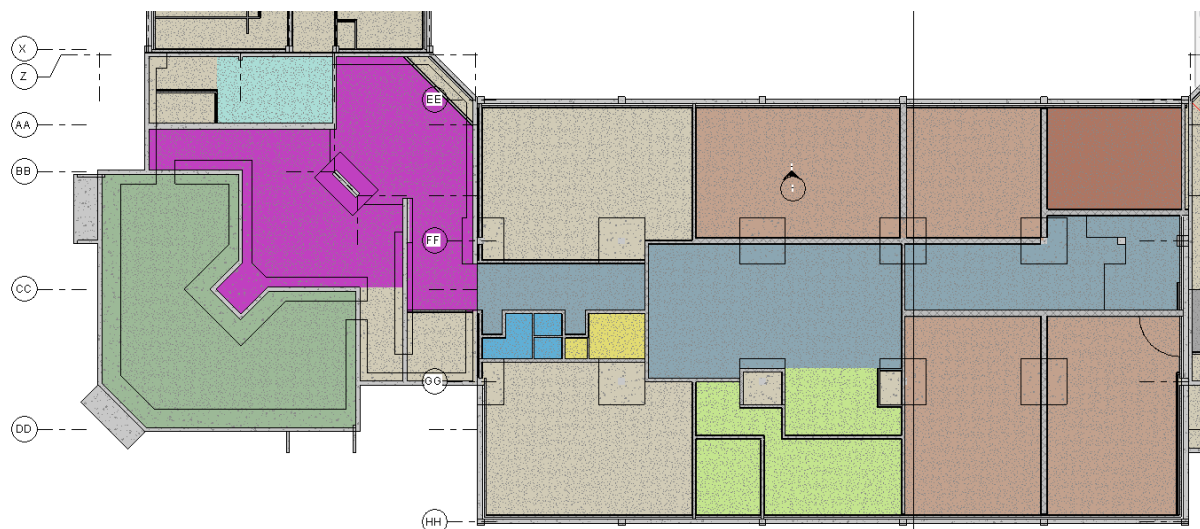


Figura 5: Planta de espaços de acordo com as suas afetações: circulação, sala de aula, gabinete, etc.

2.5 Aplicação Web

Como referido, a UER do ISCTE-IUL não dispõe de ferramentas integradas para planeamento e controlo dos seus processos. O elevado volume de trabalho e informação a gerir associados às atividades descritas anteriormente tornam urgente a adoção de metodologias mais eficientes.

Surge, portanto, a necessidade de fornecer uma aplicação que facilite a missão da UER permitindo, por um lado, a correta gestão das equipas de intervenção na resposta a anomalias comunicadas por terceiros (figura 6) ou na realização de tarefas inerentes ao plano preventivo de manutenção e, por outro lado, que toda a informação associada (equipamentos, inventário) fique organizada de forma a ser facilmente consultável e pesquisável.

No âmbito desta iniciativa está em curso a especificação funcional de uma aplicação de suporte à atividade da UER enquanto ferramenta de acompanhamento e monitorização de atividades de intervenção nos espaços e equipamentos do campus universitário. Pretende-se assim constituir uma base de informação facilmente acessível e rastreável, que permita realizar diferentes tipos de análise de dados e constituir indicadores de desempenho relacionados com a atividade da UER.

A aplicação será desenvolvida segundo uma metodologia Web responsiva para permitir o acesso e a manipulação da informação através de todo o tipo de dispositivos fixos e móveis. A construção da aplicação irá culminar no desenvolvimento de um conjunto de funcionalidades que permita cumprir os seguintes objetivos:

- Constituição de histórico de ações realizadas sobre espaços, equipamentos e sistemas, incluindo os custos com materiais, mão-de-obra e outros meios associados;
- Avaliação de desempenho dos prestadores de ações interventivas e monitorização do nível de satisfação dos utentes do campus face às intervenções realizadas;
- Interligação com informação gráfica na BDD de modo a: promover a integração de novos projetos; realizar o acompanhamento das respetivas obras; constituir inventário de espaços, sistemas e equipamentos georreferenciados;
- Realização de análises económicas ao ciclo de vida dos equipamentos (relação de custos de investimento, operação, conservação, abate e oportunidade) e estimativa de custos de exploração por espaço para imputação de custos em eventos ou atividades letivas
- Integração com sistemas de gestão técnica centralizada para efeitos de monitorização e minoração de consumos e horas de funcionamento de equipamentos;
- Interligação com o modelo BIM para permitir o acesso fixo e móvel, através de realidade virtual, a espaços e equipamentos e a contabilização rigorosa da duração das ações realizadas sobre espaços, equipamentos e sistemas para reduzir o erro das estimativas de custos com mão-de-obra associadas a essas ações.

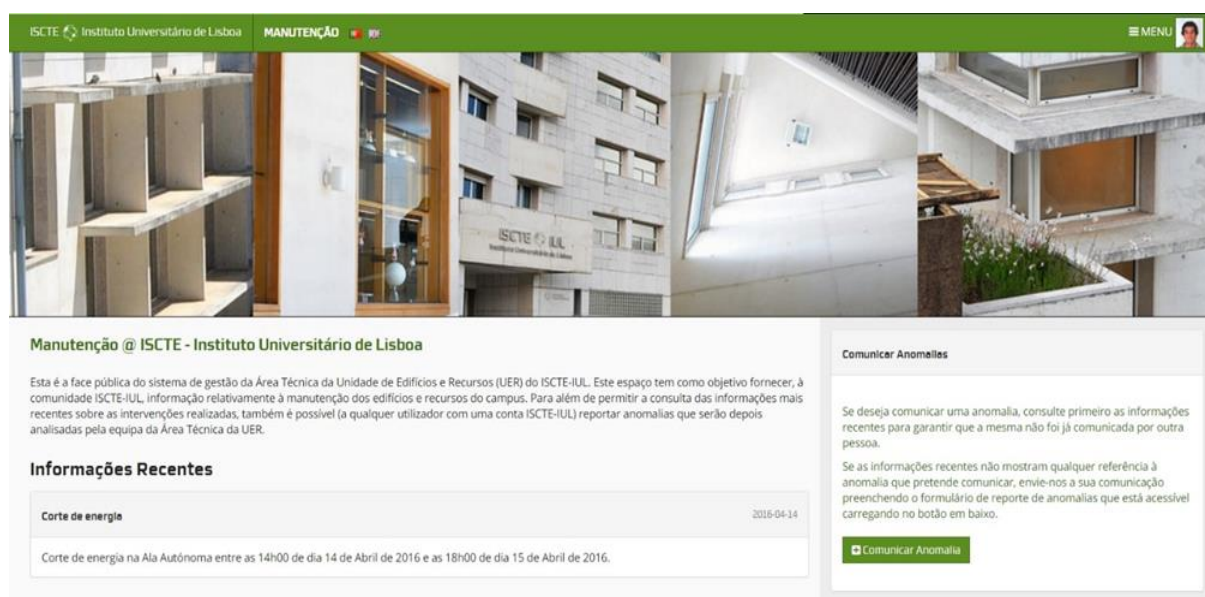


Figura 6: *Mockup* de página de reporte de anomalias.

3. Trabalho Futuro

A modelação em BIM das instalações do ISCTE-IUL no âmbito da modernização da gestão de instalações tem já repercussões positivas no funcionamento interno, sendo já possível obter listagens de áreas e algumas contagens de equipamentos. Estes dados assistem a relação com os fornecedores e facilitam a aplicação de contabilidade analítica. Como pontos positivos salienta-se ainda o entusiasmo dos funcionários da UER e docentes/investigadores envolvidos e o enriquecimento dos produtos de ensino, e a regularização dos processos de trabalho.

Entre as dificuldades deste processo salienta-se a utilização de vários sistemas em simultâneo, a base de desenhos 2D e o modelo BIM. A base de desenhos está relativamente estabilizada em algumas especialidades, o modelo BIM está ainda em fase piloto para um dos edifícios. A opção por desenvolver internamente uma solução integrada BIM-aplicação web de gestão, deve-se em grande parte à confiança na capacidade interna em termos de utilização de ferramentas de desenho e BIM e desenvolvimento de aplicações informáticas.

Para além do plano de trabalho exposto atrás, pretende-se expandir o sistema integrado em diversas direções:

- Integração com sensores existentes nos edifícios, nomeadamente leitores de cartões de abertura de salas;
- Ligação com sensores ambientais e de consumo de água e eletricidade e com sistemas de Gestão Técnica de Edifícios;
- Integração com sistema de gestão académica para representação de informação, tal como histórico de utilização de espaços;
- Disponibilização *online* de informação à comunidade interna e externa.

Produção de modelos para navegação virtual pelo Campus com vista à promoção externa do ISCTE-IUL e inclusão em quiosque digital para apoio aos utilizadores usuais e ocasionais com informação sobre serviços, sua localização e navegação, horário, contactos, *status*, filas espera. Finalmente, pretende-se com este trabalho receber a opinião e os contributos da comunidade técnica e científica e, de futuro, transmitir o *know-how* ganho através de comunicações técnicas e científicas regulares, prestação de serviços e produtos de ensino.

Referências

- [1] K. O. Roper and R. P. Payant, *The Facility Management Handbook*, 4th ed. American Management Association, 2014.
- [2] B. Becerik-Gerber, F. Jazizadeh, N. Li, and G. Calis, “Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management,” *J. Constr. Eng. Manag.*, no. March, pp. 431–442, 2012.
- [3] E. Teicholz and IFMA Foundation, *Technology for facility managers: the impact of cutting-edge technology on facility management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- [4] McGraw Hill Construction, “The Business Value of BIM for Owners,” 2014.
- [5] GSA, “BIM Guide for Facility Management,” 2011.
- [6] BIMForum, “Level of Development Specification,” 2015.
- [7] R. G. Kreider and J. I. Messner, “The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses (v 0.9),” 2013.
- [8] Brian Haines (FM:Systems), “The Benefits of Lifecycle BIM for Facility Management | FM Systems,” 2016. [Online]. Available: <https://fmsystems.com/blog/the-benefits-of-lifecycle-bim-for-facility-management/>. [Accessed: 02-Sep-2016].
- [9] *NP ISO 13567 - Documentação técnica de produtos. Organização e designação de camadas (layers) em CAD. Parte 3*: 2011.
- [10] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, and Kathleen Liston, *BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2011.
- [11] Y. Wang, X. Wang, J. Wang, P. Yung, and G. Jun, “Engagement of Facilities Management in Design Stage through BIM : Framework and a Case Study,” *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2013, no. 189105, 2013.