

Aplicação do BIM na avaliação de pavimentos aeroportuários: Definição de requisitos IFC para interoperabilidade

Luís Guerra

LNEC, Lisboa, Portugal, l.guerra@campus.fct.unl.pt

Maria João Falcão Silva

LNEC, Lisboa, Portugal, mjoaofalcao@lnec.pt

Paula Couto

LNEC, Lisboa, Portugal, pcouto@lnec.pt

Simona Fontul

LNEC, Lisboa, Portugal, simona@lnec.pt

Resumo

Nas últimas décadas o transporte aéreo tem demonstrado um crescimento em consequência do aumento da procura em diversos países. O bom funcionamento das infraestruturas aeroportuárias é um dos fatores condicionantes para a eficiência e desempenho do transporte aéreo. De facto, é requerido que os complexos aeroportuários mantenham determinados padrões de qualidade, resiliência, fiabilidade, segurança e desempenho. Para a análise estrutural e estudo de eventuais intervenções de manutenção e reabilitação neste tipo de infraestruturas, pode-se recorrer cada vez mais ao *Building Information Modelling* (BIM).

O BIM é uma metodologia facilitadora no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), por permitir a integração das diversas fases do ciclo de vida e o trabalho colaborativo dos diversos intervenientes nos diversos processos. Com vista a minimizar incompatibilidades entre os vários softwares que se baseiam nesta metodologia, tem vindo a ser desenvolvido um formato padrão e de acesso livre denominado de *Industry Foundation Classes* (IFC), que permite aos utilizadores o acesso a toda a informação sem estar limitado ao software de origem do modelo.

O presente trabalho apresenta a definição de requisitos IFC, que permitam guardar toda a informação essencial para modelos BIM de elementos estruturais integrados em infraestruturas aeroportuárias, com uma abrangência tal que permita representar a complexidade dos processos ao longo do seu ciclo de vida. A proposta, baseada na análise das disposições e especificações da buildingSMART e na norma ISO 16739: 2013, compreende a definição dos critérios base que permitam ao IFC guardar a informação necessária aos modelos na sua componente estrutural. A validação da proposta é efetuada através de um caso de estudo pré-definido, onde é possível experimentar a sua implementação. Para finalizar são retiradas as devidas conclusões sobre o trabalho realizado, bem como apresentadas sugestões para desenvolvimentos futuros com vista à incorporação de IFC em modelos BIM.

Palavras-chave: Modelos BIM; IFC; Infraestruturas aeroportuárias; elementos estruturais; pavimentos

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o transporte aéreo tem demonstrado um crescimento na sua utilização, em consequência da procura por este meio de transporte em diversos países. Como resultado, as infraestruturas aeroportuárias e as indústrias associadas têm a necessidade de aumentar a eficiência, tanto ao nível funcional, quanto ao nível estrutural.

As infraestruturas relacionadas com o movimento de aeronaves, nomeadamente os pavimentos das pistas, caminhos de circulação e plataformas de estacionamento, têm um papel importante, no entanto, estas perdem capacidade e qualidade ao longo do tempo de utilização [1].

O BIM, *Building Information Modelling*, é uma metodologia atualmente apresentada como facilitadora no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), por permitir a integração das diversas fases de projeto de uma estrutura (Estudo Prévio, Anteprojeto, Conceção, Construção, Exploração e Demolição), e o trabalho colaborativo dos diversos intervenientes no processo (proprietário, projetistas, fiscalização, empreiteiros, subempreiteiros e utilizadores).

Atualmente, o BIM é baseado num modelo de registo da informação da construção numa base de dados estruturada por objetos, onde se registam todos os aspetos a serem preconizados na estruturação de um projeto, ao longo de todas as fases do seu ciclo de vida, desde a sua conceção e construção, passando pelo planeamento da manutenção, a reabilitação e até mesmo a demolição.

No âmbito das infraestruturas aeroportuárias através desta metodologia poder-se-á ter um conhecimento rigoroso sobre o comportamento dos pavimentos ao longo da sua vida útil, pois esta não dependerá exclusivamente da qualidade durante a fase de construção, mas também da sua degradação sob as ações a que estão sujeitos e intervenções realizadas para manutenção ou expansão das infraestruturas. Com o BIM é possível realizar uma gestão de controlo e manutenção dos pavimentos, isto é, seguir a evolução da degradação através da implementação no BIM do levantamento sistemático da sua condição, possibilitando a tomada de medidas de manutenção e reabilitação mais adequadas e atempadamente.

Neste trabalho pretende-se estudar e aplicar requisitos de interoperabilidade no âmbito da metodologia BIM, nomeadamente na análise dos comportamentos estruturais e gestão de possíveis ações de manutenção e reabilitação em pavimentos aeroportuários. A avaliação será realizada com base num caso de estudo, a pista de um aeroporto internacional, que permitirá definir os parâmetros necessários para a aplicação de normas IFC que permitam a interoperabilidade entre ferramentas computacionais utilizadas no âmbito da metodologia BIM.

2. PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

Um pavimento aeroportuário consiste num conjunto de diferentes camadas estruturais que distribuem as cargas aplicadas pelo solo, de modo que cada camada inferior não tenha cargas superiores à sua capacidade máxima. Geralmente, os pavimentos aeroportuários são classificados, consoante a deformabilidade e os materiais que os constituem, em três tipos de pavimentos: flexíveis, rígidos e semirrígidos [2].

As características estruturais como a estabilidade, a força e a rigidez dos pavimentos permitem verificar se estes estão em condições de utilização por aeronaves e se apresentam um comportamento estrutural homogêneo. Deste modo, a estrutura do pavimento e a sua composição são parâmetros que podem ser determinados através da espessura das camadas constituintes, resistência da camada de fundação ou de sub-base, do tráfego, da capacidade de drenagem e pelos registos de reabilitação e expansão. Relativamente às características geométricas do pavimento, estas podem ser avaliadas através de diferentes técnicas, desde realização de sondagens à rotação e poços a testes não destrutivos com o radar de prospeção [3], mais detalhados. Estas avaliações são necessárias para determinar a capacidade de carga para os diferentes tipos, pesos e volumes de tráfego de aeronaves [4]. O pavimento aeroportuário terá de garantir determinadas condições de segurança, económicas e de conforto, apelidadas de características funcionais, pois afetam diretamente o utilizador e a segurança da aeronave. Estas características envolvem aspetos como a regularidade longitudinal e transversal, o ruído, a capacidade de drenagem e o coeficiente de atrito [5]. A quantidade e o tipo de aeronaves que usam um aeroporto têm influência na deterioração do estado de conservação dos pavimentos aeroportuários. Em qualquer projeto de pavimentos aeroportuários há que ter em conta não só a pista como também os caminhos de circulação e as plataformas de estacionamento e outras instalações, de modo a que seja assegurada a segurança do tráfego através de uma rede de superfície operacional [4]. Por essa razão, é importante identificar as características de tráfego para uma análise do comportamento do pavimento [6,7].

Durante o período de funcionamento de um aeroporto, os pavimentos aeroportuários têm a finalidade de resistir às cargas impostas pelas aeronaves, de fornecer uma circulação segura, confortável e de estar livres de detritos e partículas que possam pôr em causa a segurança da circulação de qualquer aeronave. Dessa forma, qualquer pavimento aeroportuário deve aguentar o desgaste provocado pelo tráfego das aeronaves [7], as condições meteorológicas adversas, as ações químicas causadas pelos óleos e combustíveis derramados e outras influências que possam levar à deterioração dos seus componentes [6]. A superfície desse pavimento terá de ser plana, firme e estável, com qualidade e espessura de forma a assegurar o seu bom comportamento em serviço, sob as ações das cargas e climáticas [2]. Ao longo da vida útil de um pavimento aeroportuário são necessárias obras de manutenção por apresentar degradação do piso, devido a condições atmosféricas adversas, a cargas excessivas, a desgaste natural dos materiais que o constituem e assentamentos diferenciais nas camadas de fundação. Sendo assim, torna-se indispensável efetuar campanhas de avaliação periódicas [7] e operações de conservação e manutenção do pavimento, em conformidade com as condições desejadas para uma utilização adequada do mesmo, tendo por base os resultados obtidos nas avaliações efetuadas [5].

A avaliação de pavimentos pode ser feita com base na inspeção visual que consiste em deteção de patologias, sendo, no entanto, uma avaliação subjetiva. A metodologias de avaliação da condição do pavimento baseados exclusivamente na inspeção visual, nomeadamente: o *Pavement Condition Index* (PCI) e *Structural Pavement Index* (SCI), que são utilizados para classificar o pavimento e, deste modo, identificar possíveis áreas que necessitam de manutenção ou reabilitação. Os valores do PCI variam entre 0, para um pavimento aeroportuário sem qualquer funcionalidade, e 100, para um pavimento sem defeitos [2]. Uma avaliação mais precisa e fundamental na avaliação estrutural e funcional de um pavimento é feita através de realização de ensaios não destrutivos (END), como ensaios para

caracterização: i) estrutural: ensaios de carga, espessura de camadas [3,7]; e ii) funcional: irregularidade longitudinal e transversal, profundidade de textura, coeficiente de atrito [6,7]. Entre as várias vantagens deste tipo de ensaios, está a possibilidade de serem realizados em contínuo, como a minimização do recurso a testes destrutivos e com impacto reduzido para o tráfego [5,7]. Com base nos ensaios de carga pode ser avaliada a capacidade estrutural com base na metodologia ACN (*Aircraft Classification Number* - número de classificação da aeronave) /PCN (*Pavement Classification Number* - número de classificação do pavimento) e avaliar tráfego que poderá utilizar um pavimento aeroportuário em condições de segurança e identificar necessidades de reabilitação estrutural [4,7].

3. INTEROPERABILIDADE EM BIM

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) tem procurado novos métodos de trabalho de forma a incrementar o nível da organização de diferentes tarefas [8,9]. Atualmente, existem aplicações, softwares e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de todas as etapas necessárias à execução de um empreendimento, não sendo, no entanto, muitas delas, totalmente capazes de resolver a maior parte dos problemas resultantes da execução de uma obra [10].

O BIM tem vindo a ganhar cada vez mais força e espaço no mercado internacional, contribuindo para que o setor AECO se torne mais competitivo e eficaz. No âmbito das infraestruturas aeroportuárias em particular, é fácil perceber que através do BIM poder-se-á ter um conhecimento rigoroso sobre o seu comportamento ao longo da sua vida útil, porque não irá depender, exclusivamente, da qualidade durante a construção, mas da sua degradação e das intervenções realizadas. Toda a informação enviada é recebida e entendida da mesma forma. Com esta metodologia torna-se possível realizar uma gestão da manutenção das infraestruturas aeroportuárias, seguindo a linha de evolução para o levantamento sistemático da sua degradação, o que confere uma tomada de medidas de manutenção e reabilitação mais adequadas, de forma atempada [11].

Na metodologia BIM o principal propósito é a partilha de toda a informação entre os vários intervenientes no projeto e serem minimizados os diversos problemas que, habitualmente, podem acontecer numa troca de informações. Essa partilha é classificada usando o conceito de níveis do BIM, que identificam a “maturidade” com que se processam as trocas de informação. [12]

Os modelos desenvolvidos com recurso ao BIM contêm todos os dados relevantes para a conclusão do projeto, desde peças desenhadas de todas as especialidades de projeto, dados referentes às características dos materiais, respetiva produção e colocação em obra, orçamentação, manuais de utilização e, ainda, dados relevantes para a sua demolição no fim de vida útil [13]. A implementação do BIM traz benefícios a nível do aumento da qualidade do projeto, visto que permite reduzir situações de conflito geradas por erros e omissões, possibilita uma adequada compreensão da fase da construção, oferece novos serviços e novas vantagens para os clientes, motiva o trabalho colaborativo, permite a inovação de processos e reduz a necessidade de serem reestruturados trabalhos na fase da execução do projeto [14].

As primeiras diretrizes do BIM são emanadas na Finlândia, em 2007, através de um conjunto de normas responsável pela gestão dos bens de propriedades [15] (Azenha, Lino & Caires, 2015). Em Portugal, ainda não existe uma legislação específica para o BIM. No entanto, existem vários projetos académicos implementados em universidades, uma comissão técnica de normalização (CT197 BIM) que pretende

transpor as normas europeias de BIM para a norma nacional, mas em fase de desenvolvimento e ainda sem resultados conclusivos [16].

O termo interoperabilidade tem sido usado no setor AECO para descrever a capacidade que alguns programas têm para ler, gravar e comunicar informações entre si, usando os mesmos protocolos, através de um conjunto comum de formatos de arquivo, para troca de dados. A metodologia BIM pretende melhorar a partilha de informação entre os vários utilizadores, dada a quantidade de ferramentas existentes. Torna-se fundamental que haja a possibilidade de ser transferida informação entre softwares distintos. Para evitar problemas de partilha nas ferramentas BIM, a adoção de um formato compatível com todas as aplicações computacionais tornou-se necessária, de modo a permitir a passagem de informação entre programas [17].

O IFC é um modelo BIM para troca de informação dos projetos, associado à norma ISO 16739 e, em 2018, à ISO 16739-1, após a sua revisão. É um modelo de dados, padronizado, que codifica de forma lógica dados que digam respeito à identificação, ao tipo e função do material, às suas características (cor e propriedades), à localização espacial e conexões entre pilares e lajes, a conceitos abstratos como a eficiência e os custos, a processos de instalação, operação e manutenção e, ainda, a outros intervenientes (proprietários, designers, empreiteiros, fornecedores, entre outros). O IFC consegue descrever as normas de utilização de um edifício, descrever a sua construção e operacionalidade. Consegue ainda definir modelos de análise estrutural mais abstratos, nomeadamente: modelos de análise de energia, custos de manutenção, horários de trabalho, entre outros [18].

A informação apresenta-se interrelacionada na estrutura do IFC, sendo o modelo BIM convertido e estando diretamente dependente do modo como está disposta a informação. Com o modelo IFC concebeu-se uma arquitetura baseada em estruturas modelares que permitem desenvolver diversas componentes. Todas as informações referentes às especialidades do sector da construção são conectadas com o IFC, numa única base de dados de texto. Assim, o principal desafio será juntar todas as informações sem gerar erros ou conflitos [19]. Os principais objetivos da constituição de uma arquitetura com o modelo IFC são: proporcionar uma estrutura base de funcionamento do mesmo; promover trocas de informação entre os diferentes intervenientes no processo construtivo através de um trabalho colaborativo; reutilizar modelos e utilizar elementos base pelos distribuidores de software; simplificar a manutenção de pormenores específicos; criar compatibilidade entre diferentes ferramentas [14].

Os princípios de base desta arquitetura são ilustrados na Figura 1, com a característica de que uma classe pode referenciar outra que esteja situada na mesma camada ou numa camada inferior, mas não poderá mencionar uma que seja superior. Estes modelos têm uma estrutura organizada em quatro níveis de camadas. A camada de recursos é a mais baixa na arquitetura da especificação IFC e inclui esquemas de dados que permitem a formulação de um conjunto de dados para a construção de modelos. A camada nuclear é a principal e engloba as funções que suportam a estrutura de base do modelo IFC. A camada dos elementos partilhados engloba todas as questões inerentes à interoperabilidade de sistemas e envolve todas as entidades referenciadas nos vários módulos da camada dos domínios, onde as entidades pertencentes à camada dos domínios são totalmente independentes e não podem ser referenciadas por outras camadas [14,19].

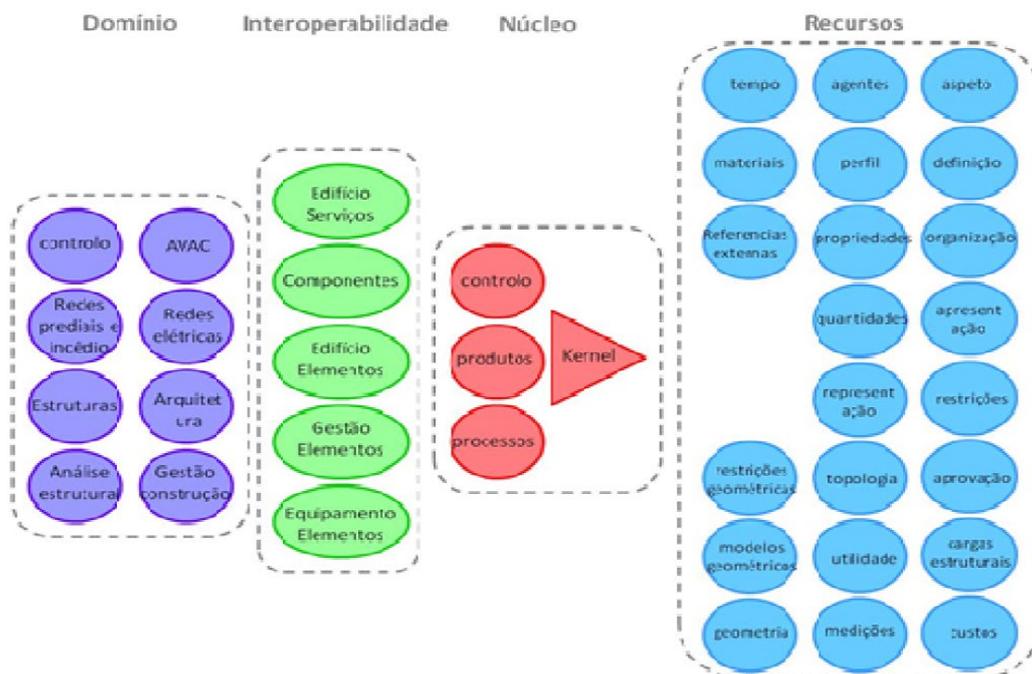


Figura 1. Esquema da estrutura IFC [20]

4. REQUISITOS IFC PARA MODELAÇÃO DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS EM BIM

Existem formatos de modelos IFC para projetos de algumas estruturas correntes, como por exemplo edifícios, pontes, entre outras. Recorrendo aos formatos já existentes, é possível armazenar alguns dados gerais que servem para qualquer projeto. Verifica-se que a maioria desses formatos divide os dados necessários, pelas diferentes fases de projeto, designadamente anteprojecto, projeto de execução, manutenção, demolição e gestão dos resíduos.

A fase de anteprojecto ou projeto base compreende os dados referentes a definição da localização das infraestruturas, bem como, os parâmetros de dimensionamento das infraestruturas. Com base nos parâmetros e nas restrições é definido o tipo de pavimento (flexível, semirrígido, rígido), as camadas a considerar e respetivas características e função.

Na fase do projeto de execução, a localização de cada camada no pavimento e a geometria do mesmo, são alguns dos dados gerais que têm de ser armazenados e processados corretamente pelo software BIM. Nesta fase, a informação referente a fase de anteprojecto é complementada, retificada e/ou alterada caso haja necessidade. Esta informação sobre os materiais que constituem o pavimento aeroportuário é muito importante, visto que, como já foi dito, este tem de ser constituído por várias camadas que lhe permitem ter uma boa capacidade e funcionalidade. Para tal, é necessário guardar a informação relativa à localização de cada camada no pavimento. Este é estudado com um todo e não cada camada em particular para ser determinada a funcionalidade e capacidade. Neste sentido, a informação referente às capacidades individuais das camadas não é relevante por si, mas permite, na fase do projeto, classificar o pavimento.

Na fase da manutenção, apenas é possível, com os ensaios atualmente utilizados, conhecer as capacidades resistentes do pavimento como um todo e não por camada.

Na fase de demolição e gestão de resíduos é essencial ter acesso à informação referente à constituição das camadas, como os materiais, as quantidades, o método de aplicação em fase de obra, dados referentes às fases de manutenção, ensaios e reabilitações previamente realizadas, e as corretas metodologias de remoção, transporte e tratamento dos resíduos dos diferentes materiais aplicados. Considera-se relevante que esta fase seja definida e retificada, à medida que a constituição dos pavimentos sofra alterações ao longo da vida útil.

Os requisitos principais para os IFC de pavimentos aeroportuários estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 2. Tabela de Informação em IFC nas diferentes fases de projeto.

Categoria	Item	Fases de Projeto			
		Anteprojeto	Projeto de Execução	Manutenção	Demolição e Gestão de Resíduos
Identificação	ID	X	X	X	X
	Nome	X	X	X	X
	Descrição	X	X	X	X
Elementos	Comprimento	X	X	X	X
	Largura	X	X	X	X
	Altura	X	X	X	X
	Área	X	X	X	X
	Volume	X	X	X	X
	Tipo de Posição	X	X	X	X
Localização	Localização	X	X	X	X
	Restrições		X	X	X
	ID	X	X	X	X
Camadas	Altura	X	X	X	X
	Constituição	X	X		
	Características	X	X		
	Localização vertical	X	X	X	X
Características	Módulo de Elasticidade		X	X	
	Coefficiente de Poisson		X	X	
Função	Classe (CBR, E)		X	X	
Custo	Custo total		X	X	X
	Custo unitário		X	X	X
Duração	Tempo de serviço previsto		X	X	X
Capacidade	Cargas de projeto	X	X	X	
	Temperatura de Projeto	X	X	X	
Ensaio	Deflexão	X	X	X	
	Tensões	X	X	X	
	Módulo de Elasticidade	X	X	X	
	Deformações	X	X	X	
	Extensão	X	X	X	

Os requisitos, para pavimentos aeroportuários, compreendem toda a informação necessária ao projeto, em planta: i) dimensões do pavimento; ii) espessuras das camadas que o constituem; e a sua ordem. Deste modo, passa-se a elencar as informações que devem constar no projeto: i) tipo de material; ii) módulo de elasticidade; iii) coeficiente de poisson; iv) função da camada (estrutural e funcional / estrutural); v) cargas resistentes do modelo; vi) deflexões (ao nível geral); vii) tensões; viii) deformações; ix) extensões; x) teor em betume; xi) temperatura de projeto.

Depois de definidos os requisitos IFC que devem ser inseridos no modelo BIM, deve-se organizar a informação de uma forma clara, objetiva, concisa e legível para ser lida por qualquer software, recorrendo a uma separação inicial da informação referente a cada elemento constituinte do modelo. Para proceder à sua análise, cotejada com os objetivos da investigação e com o devido enfoque teórico sobre o objeto de estudo e depois de várias iterações ao nível organização, cada uma amplamente discutida com especialistas, a informação foi agrupada em: i) identificação do objeto; ii) dimensões (características geométricas); iii) localização; iv) descrição das camadas constituintes do pavimento; v) características; vi) função; vii) custo; viii) duração; ix) capacidade.

Os primeiros dados a serem inseridos no modelo IFC são relativos à categoria Identificação do objeto que agrega cinco subcategorias: i) identificação do Projeto – Ex: “Aeroporto de Faro”; ii) identificação da Estrutura – Ex: “Pista 22”; iii) identificação do objeto – Ex: “Pavimento”; iv) classe do objeto – Ex: “Pavimento / Fundação”; v) Descrição. Nos dados de Identificação, apenas é requerido que sejam utilizados caracteres que sejam reconhecidos pelo software. Deve-se utilizar sempre um conjunto de caracteres que permitam diferenciar cada objeto do projeto, ficando ao critério do utilizador a identificação de objetos diferentes. Porém, o Nome do Projeto tem de ser o mesmo em todos os elementos que sejam inseridos no modelo BIM. Para tal, é necessário que este item seja preenchido automaticamente pelo software, de forma a ser registada sempre que houver qualquer alteração e permita a sua visualização sempre que a aplicação faça menção ao mesmo.

Dimensões agrega dados recolhidos referentes às dimensões espaciais do elemento e foi dividida nas cinco subcategorias que se seguem: i) comprimento; ii) largura; iii) altura; iv) área; v) volume. As dimensões geométricas dos elementos devem ser inscritas com valores numéricos e a unidade de medida, sendo preferencialmente utilizadas as unidades de medida do sistema internacional de unidades. **Localização** agrega dados relativos à localização geográfica do projeto e sobre a localização relativa do elemento, perfazendo um total de quatro subcategorias que se passam a enumerar: i) Localização relativa do elemento nos eixos locais da estrutura; ii) localização relativa do elemento nos eixos locais do projeto; iii) localização geográfica do projeto; iv) restrições. Os dados referentes à localização geográfica do objeto que são necessários mencionar e guardar são: i) a localização a nível global do objeto (onde são usadas as Coordenadas GPS); ii) a localização geográfica local do objeto; iii) a posição altimétrica do objeto; iv) a posição do objeto em relação aos restantes elementos. Todas estas informações devem ser guardadas com os dados das referências utilizadas, quer sejam globais, locais ou específicas do objeto.

A categoria **Camadas constituintes do pavimento** foi subdividida em cinco subcategorias, designadamente: i) identificação da camada; ii) espessura / altura; iii) localização relativa vertical da camada no elemento em relação à superfície; iv) material escolhido; v) características do material; vi) teor em betume. **Características** agrega toda a informação referente ao funcionamento do elemento

como um todo e recorre a duas grandezas físicas, tais como: i) módulo de elasticidade ou módulo de Young; ii) coeficiente de Poisson.

A categoria **Função** recolhe a informação referente ao papel do objeto na estrutura e subdivide-se em três subcategorias: i) elemento estrutural; ii) camada de desgaste; iii) fundação. A categoria **Custo** agrega informação referente a cada elemento, subdividindo a informação em duas subcategorias: i) custo unitário; ii) custo total. A categoria **Duração** agrupa informação referente à previsão do tempo para ser efetuado o serviço, ser executada a manutenção e a fiscalização do objeto, subdividindo assim a informação em três subcategorias: i) tempo previsto para a execução do serviço; ii) datas previstas para manutenção; iii) datas para a fiscalização de cada objeto.

A categoria **Capacidade** junta informação referente aos valores definidos para a carga do objeto do projeto numa só subcategoria: i) capacidade de carga do objeto, ii) temperatura de projeto associada.

A categoria **Ensaio** agrega toda a informação referente aos tipos de ensaio realizados durante a vida útil da infraestrutura, os respetivos resultados, quer dados dos diferentes aparelhos de ensaio, como os dados de deflexões do pavimento, quer os determinados pós-ensaios como tensões, módulos de elasticidade, deformações e extensões.

Torna-se necessário definir os critérios de registo dos dados, desde os de formato, como das unidades a serem usadas em cada um dos requisitos propostos. Para tal, urge que os dados dos objetos sejam registados de forma correta para não haver a sua perda, ou a sua leitura incorreta.

5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os formatos de modelos IFC fazem uma distribuição dos dados necessários, pelas fases de projeto (anteprojeto, projeto de execução, manutenção, demolição e gestão dos resíduos da infraestrutura). No presente artigo, abordam-se as propriedades e informações necessárias a um projeto para pavimentos aeroportuários, e como esses dados serão guardados, qual a sua ordem e nomenclatura.

O trabalho desenvolvido possibilitou o conhecimento sobre a temática Building Information Modeling (BIM) aplicada às infraestruturas aeroportuárias, dando ênfase aos pavimentos. As informações recolhidas através dos ensaios juntamente com os limites estipulados e inseridos no BIM, servem de base ao estudo do comportamento real das estruturas, viabilizando um adequado sistema de controlo durante a construção, que facilita a análise dos locais onde se obteve menor resistência do pavimento, e desta forma prever e programar oportunamente as intervenções a efetuar.

No referente à utilização do BIM no setor da construção, sugere-se que a sua implementação seja gradual e ponderada, ou seja, que se estabeleçam patamares e objetivos realistas a alcançar. Propõem-se que sejam desenvolvidas, mais aprofundadamente, as estruturas dos IFC para infraestruturas de transporte, em especial no desenvolvimento da proposta aqui realizada.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Fernandes, «Sistemas de Gestão de Pavimentos Aeroportuários Caracterização e Aplicabilidade Engenharia Civil», IST-UTL, 2010.
- [2] Advisory Circular 150/5380-6C, «Advisory Circular 150/5380-6C - Guidelines and Procedures for

- Maintenance of Airport Pavements», 2014.
- [3] M. Solla, V. Pérez-Gracia, S. Fontul, «A Review of GPR Application on Transport Infrastructures: Troubleshooting and Best Practices.» *Remote Sens.* 2021, 13, 672. <https://doi.org/10.3390/rs13040672>, 2021.
- [4] Advisory Circular 150/5320-6F, «Advisory Circular 150/5320-6F - Airport Pavement Design and Evaluation Advisory Circular», 2016.
- [5] L. Guerra, «Aplicação do BIM na avaliação de pavimentos aeroportuários: Definição de requisitos IFC para interoperabilidade», FCT-UNL, 2021.
- [6] A. F. C. Carvalho, «Maintenance of airport pavements: the use of visual inspection and IRI in the definition of degradation trends», *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 20, n. 4, pp. 425–431, 2014.
- [7] S. Fontul, «Structural evaluation of flexible pavements using non-destructive tests.» Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra. <http://hdl.handle.net/10316/15738>, 2004.
- [8] S. Azhar, «Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry», vol. 11, n. Bazjanac 2006, pp. 241–252, 2011.
- [9] S. Fontul, P. Couto, M. J. Falcão, «BIM Applications to Pavements and Railways. Integration of Numerical Parameters.» *Sustainability and Automation in Smart Constructions. Advances in Science, Technology & Innovation.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_10, 2021.
- [10] A. D. P. L. Santos, C. E. Antunes, e G. B. Balbinot, «COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E EXPERIMENTOS EM TECNOLOGIA BIM», pp. 134–155, 2014.
- [11] R. Sacks, B. Dave, e L. J. Koskela, «ANALYSIS FRAMEWORK FOR THE INTERACTION BETWEEN LEAN CONSTRUCTION AND BUILDING», n. April 2014, 2009.
- [12] R. McPartland, «BIM Levels explained | NBS», 2014. [Em linha]. Disponível em: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>. [Acedido: 26-Jun-2019].
- [13] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM Handbook - A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.*, vol. s7-II, n. 32. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [14] S. Pinho, «O MODELO IFC COMO AGENTE DE INTEROPERABILIDADE», FEUP, 2013.
- [15] M. D. dos S. Pereira, «Implementação do BIM nas Organizações: Práticas e Sugestões para a Implementação», Universidade do Minho, 2016.
- [16] CT197, «Apresentação», 2019. [Em linha]. Disponível em: <http://www.ct197.pt/index.php/homepage/apresentacao>. [Acedido: 03-Jul-2019].
- [17] C. A. P. Fernandes, «Celso Albano Pinto Fernandes Interoperacionalidade em», Universidade Do Minho, 2014.
- [18] buildingSMART, «Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART Technical», 2019. [Em linha]. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>. [Acedido: 27-Jun-2019].
- [19] FEUP, «Industry Foundation Classes - WIQI GEQUALTEC», 2013. [Em linha]. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php/Industry_Foundation_Classes#cite_note-IAI-1. [Acedido: 04-Mar-2020].
- [20] M. J. Falcão, P. Couto, J. Barateiro, F. Salvado, e Á. Vale e Azevedo, «Interoperabilidade entre sistemas de informação: Aplicação a modelos BIM no Setor AECO», Lisboa, pp. 1–10, 2016.