

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

# SIG indoor e edifícios inteligentes: contributo para a criação do Smart Campus da FLUP

Nuno Miguel Lopes de Vasconcelos

**M**

2020



**Nuno Miguel Lopes de Vasconcelos**

**SIG indoor e edifícios inteligentes: contributo para a  
criação do Smart Campus da FLUP**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira.

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

setembro de 2020

# SIG indoor e edifícios inteligentes: contributo para a criação do Smart Campus da FLUP

Nuno Miguel Lopes de Vasconcelos

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira.

## Membros do Júri

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Classificação obtida: .... valores

*Aos meus pais e irmão.*



# Índice

Declaração de honra .....	7
Agradecimentos.....	8
Resumo.....	9
Abstract .....	10
Índice de ilustrações .....	11
Índice de quadros .....	14
Introdução .....	15
1.1. Objetivos .....	16
2. Enquadramento teórico .....	17
2.1. Smart Cities.....	17
2.2. Smart Buildings.....	19
2.3. Sistemas de Informação Geográfica 3D.....	20
2.4. Building Information Model .....	21
2.5. Sistema de Navegação Interno .....	22
2.5.1. Possíveis destinatários.....	24
2.5.3. Métodos para o posicionamento.....	25
2.5.3. Trabalho Científico (Indoor navigation) .....	28
3. A Faculdade de Letras da Universidade do Porto .....	33
4. Tarefas Desenvolvidas .....	36
4.1. Conversão CAD-SIG.....	36
3.2. Sobreposição e Georreferenciação .....	38
3.3. Erros .....	39
3.3.1. Resultados .....	43
3.4. Desenho e <i>Geodatabase</i> .....	45
4. Ferramentas em desenvolvimento .....	47
4.1. Modelo Virtual Tridimensional.....	47
4.2. Google Maps Indoor.....	50
4.3. ArcGIS Indoors .....	54
4.4. HERE Indoor Positioning.....	56
Considerações finais.....	58
Referências bibliográficas .....	59

## **Declaração de honra**

Declaro que a presente dissertação é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referenciação. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Porto, outubro de 2020

Nuno Miguel Lopes de Vasconcelos

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais e ao meu irmão, por tudo o que fizeram por mim. Mesmo no meio de muitas dificuldades nunca desistiram de me apoiar e mostraram sempre compreensão e paciência para que conseguisse alcançar os meus objetivos. Por tudo, muito obrigado!

Agradeço ao meu Orientador, o Professor Doutor José Augusto Alves Teixeira e ao Professor Doutor António Alberto Gomes pela disponibilidade, ensinamentos, incentivos e boa disposição. Sem os dois não teria sido possível. Muito obrigado!

Agradeço aos meus padrinhos e primos por tudo o que me proporcionaram durante último ano.

À minha cunhada Sara Silva, agradeço por todas as ajudas, não só no percurso académico como em tudo.

Aos meus colegas, Vítor Abreu e Manuel Caeiro, companheiros de todo este percurso e sempre disponíveis para ajudar e motivar. Também à Magda Coto por toda a companhia e carinho durante esta última fase.

## Resumo

O presente projeto tem como principal objetivo a estruturação, preparação dos dados e apresentação de tecnologias para a transformação do edifício da Faculdade de Letras da Universidade do Porto num *Smart Building* (Edifício Inteligente). A criação e implementação de tecnologias SIGs no edifício tem como objetivo aumentar toda a sua eficiência e melhorar toda a experiência da utilização deste espaço por parte da comunidade académica e visitantes.

Para tal, foram analisadas as vantagens que estas ferramentas podem trazer às pessoas que frequentam o espaço, que tipos de tecnologias podem ser utilizadas e como as aplicar e em que locais este tipo de tecnologias já se encontram disponíveis.

Foi também necessário realizar um importante e moroso trabalho de conversão e correção das plantas do edifício em formato CAD para formato SIG, para que estas possam ser usadas numa fase posterior, na implementação da solução de navegação *indoor* e na construção do modelo 3D.

São deixadas propostas para a criação e implementação de dois tipos de tecnologias de sistemas de informação geográfica: um modelo digital tridimensional que terá como finalidade o auxílio na gestão e organização do edifício da faculdade em serviços essenciais, permitir o armazenamento de todas as informações sobre os seus espaços em apenas um local e a sua consulta; e um sistema de navegação interno que permite o auxílio na orientação dentro do edifício, visando facilitar a mobilidade/orientação da comunidade académica e visitantes, apoiar a mobilidade dos colaboradores e monitorizar operações de segurança.

**Palavras-chave:** *Smart Building; Building Information Model; Indoor navigation; Smart Campus.*

## **Abstract**

The main aim of the present project is the structuring, preparing of data and the presentation of technologies responsible for transforming the building of the Faculty of Arts and Humanities of University of Porto into a Smart Building. The creation and implementation of GIS technologies in the building aim to increase its efficiency by improving the entire user end experience of this space by the academic community and visitors.

To this end, questions such as the advantages that these tools may bring to the people who use the space, which types of technologies can be used and how to apply them, and in which places these type of technologies are already in place, were analyzed.

It was also necessary to carry out an important and time-consuming work of converting and correcting the building plans in CAD format into SIG format, so that they can be used in a later stage, in the implementation of the indoor navigation solution and in the construction of the 3D model.

Proposals are left for the creation and implementation of two types of geographic information systems technologies: a three-dimensional digital model that aims to assist in the management and organization of the college's building essential services, allowing the storage and consultation of all the information about its spaces in just one place; and an internal navigation system which gives assisted guidance inside the building, simplifying the mobility / orientation of the academic community and visitors, supporting the mobility of employees and monitoring security operations.

**Keywords:** *Smart Building; Building Information Model; Indoor navigation; Smart Campus.*

## Índice de ilustrações

Figura 1- Exemplo de Caracterização de uma Smart City (Fonte: DigitalSign's Solution for a Smarter City. Consultado em agosto 2000). .....	17
Figura 2- Principais características de um smart building.....	19
Figura 3 – Edifícios da FLUP e das residências universitárias Novais Barbosa e Alberto Amaral, vistos em 3D no Google Earth (Consultado em julho 2020).....	20
Figura 4 Aplicações de SIG 3D (Fonte: Centre for Spatial Analytics and Advanced GIS. Consultado em agosto 2020). .....	21
Figura 5 – Building Information Model Segundo (Arayici, Khosrowshahi, Ponting, & Mihindu, 2009). .....	22
Figura 6 – Exemplo de aplicação de navegação indoor Here ( <a href="https://indoor.here.com/">https://indoor.here.com/</a> - consultado em Setembro 2020). .....	23
Figura 7 – O sistema PDR segundo (Kakiuchi & Kamijo, 2013). .....	26
Figura 8 – Esquema simplificado do processo de localização por radio-frequência segundo (Kunhoth, Karkar, Al-Maadeed, & Al-Ali, 2020). .....	27
Figura 9 – Processo de localização por análise de imagem ( <a href="https://www.geospatialworld.net/">https://www.geospatialworld.net/</a> - Acedido em Setembro 2020). .....	27
Figura 10- Fluxo de trabalho realizado para a pesquisa sobre a temática. ....	28
Figura 11- Evolução da produção científica anual no âmbito da indoor navigation. ....	29
Figura 12- Produção científica por país no âmbito da temática Indoor navigation.....	30
Figura 13-Redes de colaborações entre países no âmbito da temática indoor navigation. ....	31
Figura 14- Edifício atual da FLUP. ....	33
Figura 15- Fotografias da cerimónia de lançamento da primeira pedra do edifício da FLUP (1989)(Fonte: <a href="http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/eventos/">http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/eventos/</a> . Acedido em agosto 2020).....	34
Figura 16- Fotografias da construção do edifício da FLUP, de 1989 a 1995. (Fonte: <a href="http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/construcao-do-edificio-na-via-panoramica/">http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/construcao-do-edificio-na-via-panoramica/</a> . Acedido em agosto 2020). .....	34
Figura 17- Edifícios atuais da FLUP. ....	35

Figura 18- Planta da FLUP (Piso 1) em formato CAD e SIG. ....	36
Figura 19- Exemplo de aplicação da ferramenta “explodir” do AutoCAD.....	37
Figura 20- Planta da FLUP (Piso 1) carregada corretamente no formato SIG.....	37
Figura 21- Processo de sobreposição dos pisos.....	38
Figura 22- Processo de Georreferenciação das plantas. ....	39
Figura 23- Plantas da FLUP georreferenciadas e sobrepostas. ....	40
Figura 24- Exemplos de erros nas plantas da FLUP. ....	40
Figura 25- Método aplicado para a correção dos erros. ....	41
Figura 26- Realização de medições em algumas salas da FLUP. ....	42
Figura 27- Nova planta da FLUP georeferenciada e sobreposta. ....	43
Figura 28- Exemplos das melhorias nas plantas da FLUP. ....	44
Figura 29- Espaços internos e informações neles contidos da FLUP (Piso3 ).....	45
Figura 30- Exemplo das informações que podem estar contidas na base de dados( Piso 3 da Torre B).....	46
Figura 31- Modelo completo do campus da George Mason University no CityEngine Web Scene. (Fonte: ESRI. Consultado em agosto 2020).....	48
Figura 32 – Galeria de aplicações SmartCampus FCUL ( <a href="https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/">https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/</a> - Setembro de 2020).....	48
Figura 33 – Modelação 3D do Campus FCUL ( <a href="https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/">https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/</a> - Setembro de 2020).....	49
Figura 34 – Exemplo de pesquisa de salas de aula na aplicação Pesquisa de espaços do SmartCampus FCUL ( <a href="https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/">https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/</a> - Setembro de 2020). ....	49
Figura 35- Edifícios na cidade do Porto e arredores em que está disponível a funcionalidade Google Maps Indoor. ....	51
Figura 36- Google Maps Indoor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .....	52
Figura 37- Formulário de pedido/submissão de plantas para a criação do Google Maps Indoor .....	53

Figura 38- Exemplo de visualização do ArcGis Indoors. (Fonte: <https://www.img.com.br/pt-br/arcgis/produtos/arcgis-indoors>. Consultado a 12/09/2020.) ..... 55

Figura 39- Exemplo de aplicação de recolha e visualização da HERE: Indoor Radio Mapper. (Fonte: <https://indoor.here.com/#/>. Consultado em setembro 2020). ..... 57

## **Índice de quadros**

Quadro 1- Programas e objetivos de Smart Cities. Adaptado de (Ojo, Curry, & Janowski, 2014).....	18
Quadro 2- Exemplos de edifícios com sistemas de navegação interiores integrados. ...	32
Quadro 3- Resultado das medições realizadas e comparação com a planta original e a nova planta corrigida. ....	43

## Introdução

Todos os edifícios públicos de grande dimensão, e com uma afluência diária de várias pessoas, necessitam de uma gestão dos seus espaços e dos seus recursos de forma muito eficiente. Para além disto, todos os anos a Faculdade de Letras da Universidade do Porto recebe inúmeros novos alunos, provenientes de todo o país, mas também de países estrangeiros. Podem também existir alunos com necessidades especiais, como por exemplo a cegueira ou problemas motores. Por isto, a procura de novas tecnologias e estratégias tecnológicas para uma melhor gestão interna e auxílio na orientação dentro do edifício é essencial.

Com o desenvolvimento das tecnologias surgiram também novas formas de se pensar as cidades e os edifícios. Por isto, os conceitos de *Smart City* e *Smart Buildings* têm sido investigados, desenvolvidos e aplicados um pouco por todo o mundo. É neste contexto que surge o plano de criação de um “*Smart Campus*” para a Faculdade de letras da Universidade do Porto. Através do conceito de *Smart Buildings*, que se caracteriza pela integração de tecnologias no edifício, para assim melhorar o seu funcionamento e aumentar a sua eficiência. Transformar o edifício da Faculdade de Letras da Universidade do Porto num edifício inteligente permitiria uma melhor gestão das informações geográficas, possibilitando assim uma melhor gestão, orientação e eficiência para os utilizadores da comunidade académica.

No presente trabalho será iniciado um estudo para demonstração das vantagens e a importância da introdução de tecnologias no edifício da FLUP, para assim o transformar num edifício inteligente. Serão também apresentadas várias soluções que podem ser implementadas no futuro, a partir dos dados agora recolhidos e tratados.

## 1.1. Objetivos

O “Smart Campus” da Faculdade de Letras da Universidade do Porto tem como objetivo fundamental melhorar funcionamento de todo o edifício da faculdade. As tecnologias e softwares SIG são uma possível estratégia a utilizar nas transformações e melhorias que podem ocorrer nos edifícios. A utilização destas, em conjunto com o uso de outras plataformas tecnológicas de visualização de informação, como o *Building Information Model* (BIM) podem contribuir decisivamente na tomada de decisões sustentáveis de planeamento e ordenamento do território (Almeida, 2017) e, por conseguinte, permitem uma série de operações que podem ajudar na gestão dos edifícios públicos.

A primeira ferramenta passa por criar um edifício virtual, onde pode estar incluída uma base de dados geográfica, devidamente georreferenciada. O modelo tridimensional virtual terá como finalidade o auxílio na gestão e organização do edifício da faculdade, em serviços essenciais como a Logística, Manutenção, Planos de Segurança, entre outros. Para além disto, permite o armazenamento de todas as informações sobre os espaços internos do edifício (dimensão, número de lugares sentados, equipamentos, etc.) num único local e possibilita a sua consulta, tanto a nível interno como para consulta externa.

As aplicações de navegação interna são também uma tecnologia SIG que possuem uma grande utilidade e por isso devem ser utilizadas. Através de uma aplicação móvel de navegação interna, a localização de caminhos internos é possível, facilitando assim a navegação dentro do edifício, levando em consideração as necessidades especiais que cada pessoa possa ter. No edifício da faculdade, a ferramenta permitiria a um visitante especificar o local a onde se quer dirigir e receberia instruções para o guiar através dos corredores, escadas e elevadores do edifício, até ao local desejado (Puikkonen, Sarjanoja, Haveri, Huhtala, & Häkkinen, 2009). Com isto pretende-se facilitar a mobilidade/orientação da comunidade académica e visitantes, apoiar a mobilidade dos colaboradores e monitorizar operações de segurança.

## 2. Enquadramento teórico

### 2.1. Smart Cities

Nos últimos anos, um grande número de iniciativas de cidades inteligentes foi implementado na Europa (Russo, Rindone, & Panuccio, 2016). Apesar disto, devido à complexidade na administração de uma cidade e ao grande número de aspetos a serem decididos, o conceito de *Smart Cities* é difícil de definir. O rótulo “cidade inteligente” é um conceito difuso e é usado de várias maneiras que nem sempre são consistentes (Albino, Berardi, & Dangelico, 2015).

Embora muitas definições sejam atribuídas ao conceito de *Smart Cities* é na utilização de tecnologias de informação e comunicação (TICs) para gerir, detetar e resolver problemas existentes numa cidade que a maioria dos conceitos apontam (Caragliu, del Bo, & Nijkamp, 2011). Através da Figura 1 é possível observar como se pode caracterizar uma *Smart City*.

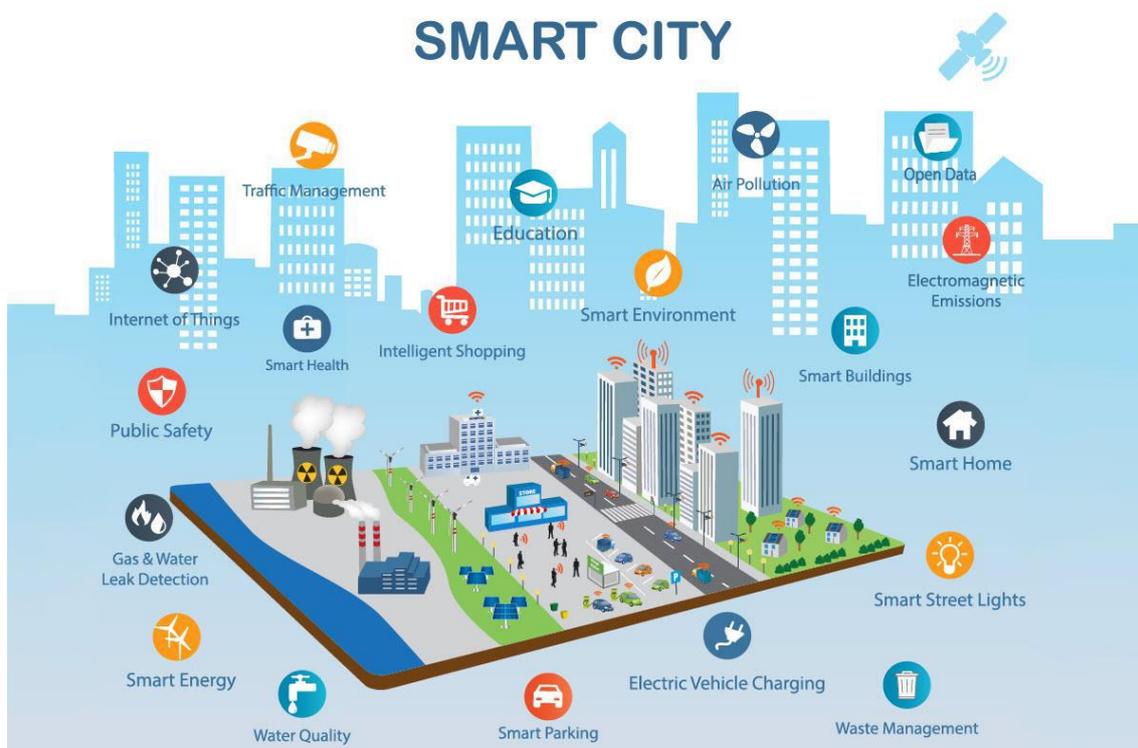


Figura 1- Exemplo de Caracterização de uma Smart City (Fonte: DigitalSign's Solution for a Smarter City. Consultado em agosto 2000).

Segundo (Hollands, 2008) os três elementos que caracterizam o conceito de *Smart City* envolvem:

- Utilização de infraestruturas em rede para melhorar a eficiência económica e política e permitir o desenvolvimento social, cultural e urbano;
- Infraestruturas que incluem TICs;
- Desenvolvimento urbano liderado por negócios e sustentabilidade social e ambiental.

A partir de um estudo de 10 programas de cidades inteligentes (Quadro 1) foi observado que, geralmente os projetos procuram visar os seguintes objetivos: Redução de carbono e maior neutralidade; alcançar eficiência energética; promover as TIC para desenvolver nichos industriais, relacionados com multimédia ou indústria baseada no conhecimento; atingir uma maior qualidade de vida para residentes; desenvolver áreas verdes dentro da cidade; desenvolvimento de tecnologia de ponta e infraestruturas de informação acessível a todos; alcançar crescimento económico e qualidade de vida simultaneamente; desenvolvimento de comunidades sustentáveis; garantir a harmonia social entre diferentes grupos de residentes; e a cidade em evolução, como um laboratório vivo para promover melhorias contínuas (Ojo et al., 2014).

*Quadro 1- Programas e objetivos de Smart Cities. Adaptado de (Ojo, Curry, & Janowski, 2014).*

Cidade	Economia	Economia e Ambiente	Energia	Energia e Ambiente	Ambiente	Ambiente e pessoas	Ambiente, Energia	Governança	Estilo de Vida	Estilo de Vida e Ambiente	Mobilidade	Mobilidade e Ambiente	Mobilidade, Governança e Ambiente	Tecnologia	Pessoas
Amesterdão (Holanda)			■								■				
Malmo (Suécia)		■			■			■			■				■
Malta (Malta)	■														
Abu Dabi (EAU)															
Paredes (Portugal)							■	■			■				
Singapura (Singapura)			■		■		■	■			■				
Curitiba (Brasil)		■			■	■					■		■		
Songdo (Coreia do Sul)				■	■						■				■
Tianjin (China)					■				■	■		■			
Yokoham (Japão)			■		■										

## 2.2. Smart Buildings

Os *Smart Buildings* (edifícios inteligentes) são casos menos generalistas de uma *Smart City* (Lima, 2016). Caracterizam-se pela integração de tecnologias no edifício para assim melhorar o seu funcionamento e aumentar a sua eficiência. Embora o conceito de edifícios inteligentes e sustentáveis não seja novo, o seu desenvolvimento está a crescer. Isto acontece devido à chegada de novas tecnologias, como sensores, dispositivos e sistemas inteligentes, computação em nuvem e conectividade omnipresente (To, Lai, Lam, & Chung, 2018).

A crescente preocupação com os gastos excessivos de energia criou o crescimento de procura de métodos para o aumento da eficiência energética. Paralelamente, surgiram também necessidades de interatividade entre utilizadores e o edifício. Isto fez a UE introduzir o conceito de edifício inteligente na Diretiva De Construção De Desempenho Energético (2010). Os objetivos desta introdução eram promover a flexibilidade energética, a produção de energia renovável e a interação com o utilizador (Al Dakheel, Del Pero, Aste, & Leonforte, 2020).

Segundo (Le, Nguyen, & Barnett, 2012) um *Smart Building* apresenta cinco características principais (Figura 2): capacidade de alojar dispositivos automáticos ou executar funções automáticas; capacidade de permitir o desempenho de mais de uma função em um edifício; capacidade de aprender, prever e satisfazer as necessidades dos utilizadores o stress do ambiente externo; capacidade de permitir a interação entre os usuários; capacidade de fornecer eficiência energética e economizar tempo e custos.

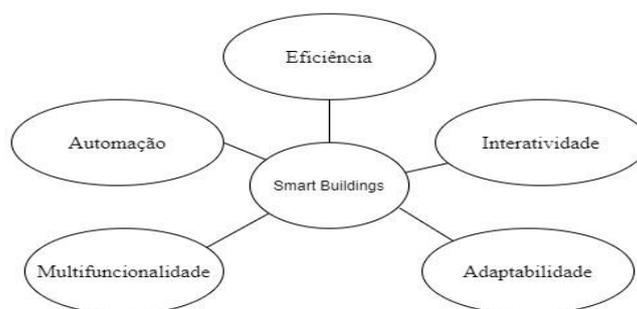


Figura 2- Principais características de um smart building.

### 2.3. Sistemas de Informação Geográfica 3D

A visualização de edifícios em 3D já é algo comum atualmente. Acontece que, maioritariamente essas visualizações são construídas em softwares CAD, ou seja, não é possível incluírem atributos, informações sobre o seu interior e armazenar dados. Outras aplicações, como o Google Earth permitem visualizar cidades inteiras em 3D (Figura 3), no entanto tem quase como única finalidade a visualização (Lima, 2016).



*Figura 3 – Edifícios da FLUP e das residências universitárias Novais Barbosa e Alberto Amaral, vistos em 3D no Google Earth (Consultado em julho 2020).*

Com os avanços da ciência da computação, algoritmos, e tecnologias da Web as técnicas de visualização conseguiram grandes desenvolvimentos. Esta evolução transformou a visualização 3D numa parte importante para muitos setores, como animações de computador, engenharia, arquitetura, gestão de serviços públicos e muitos mais (Padsala & Coors, 2015).

Por isto, é natural que este tipo de visualização seja utilizado em Sistemas de Informação Geográfica, pois o 3D possibilita uma perceção mais concreta sobre a realidade e permiti que sejam inseridas informações geográficas em atributos de altura

(coordenada Z), permitindo assim diferentes estudos e aplicações, tais como no auxílio da gestão de cidades ou edifícios individuais, planos de segurança, propagação de ruído, eficiência energética, riscos naturais, etc. Ou seja, a utilização de visualizações 3D podem contribuir muito eficazmente para uma grande quantidade de estudos em variadas temáticas e a diferentes escalas (Figura 4).



Figura 4 Aplicações de SIG 3D (Fonte: Centre for Spatial Analytics and Advanced GIS. Consultado em agosto 2020).

## 2.4. Building Information Model

Os BIM permitem uma nova abordagem à gestão de projetos, construções e instalações pois é usada uma representação digital do processo de construção servindo para facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade de informações (Eastman, Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Estes incorporam toda a informação referente ao edificado, o que permite a criação de um modelo virtual 3D.

A integração da modelação dos edifícios em BIM no seu contexto geográfico tridimensional, em ambiente SIG3D facilita a compreensão e análise do espaço interior (Almeida, 2017). Todas as informações do edifício (canalizações, canais de ventilação, etc.) estão inseridas num BIM (Figura 5). Contudo, mesmo sem todas as informações do edifício a integração da modelação BIM para os espaços interiores de um edifício pode ser uma ferramenta de grande utilidade, pois permite a criação de informações sobre os espaços do edifício e pode permitir integrações de sistemas de navegação internos.

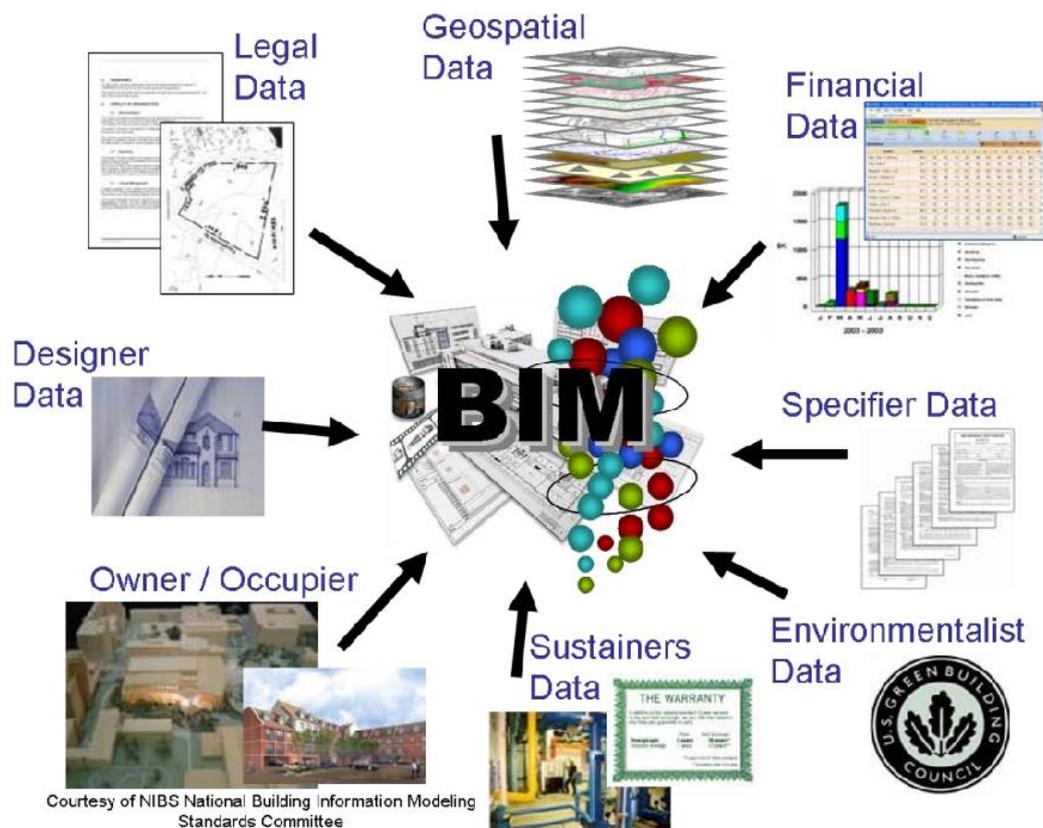


Figura 5 – Building Information Model Segundo (Arayici, Khosrowshahi, Ponting, & Mihindu, 2009).

## 2.5. Sistema de Navegação Interno

A navegação interna pode ser descrita como navegação com base nas informações dos sensores (para determinação da posição) e encontrar a posição atual com base nas informações da posição anterior e uma estimativa da velocidade e direção dos movimentos (Brena et al., 2017).

Cada vez mais investigadores reconhecem o potencial dos sistemas de navegação interna para ajudar os pedestres a encontrar caminhos em áreas internas, especialmente em edifícios de grandes dimensões, como terminais de aeroportos, metros, shoppings ou centros de exposições e convenções. Além disso, a recente proliferação de *smartphones* equipados com Wi-Fi e a rápida expansão das zonas Wi-Fi aumentaram a ideia e perspetivam avanços positivos para a realidade do tema (D. Han, Jung, Lee, & Yoon, 2014). Para além da simples procura das melhores rotas, estas aplicações podem também

ser aplicadas a casos específicos de necessidades especiais das pessoas, como a cegueira, pessoas com deficiência/mobilidade reduzida, planos de segurança ou idosos (Figura 6).

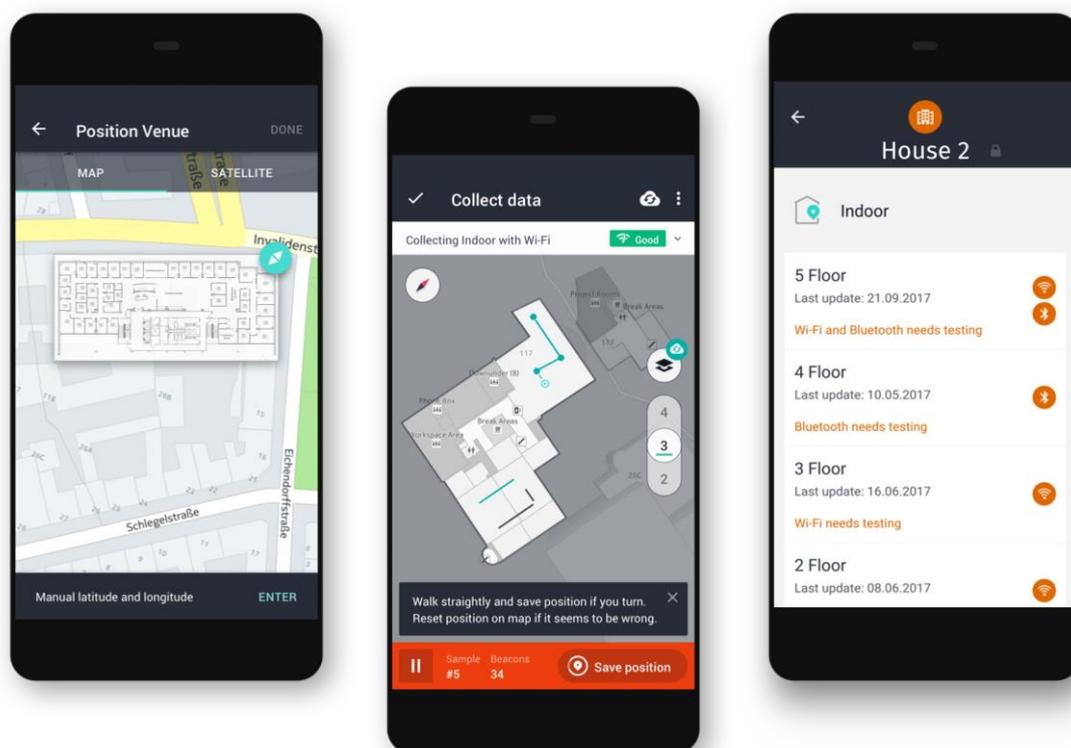


Figura 6 – Exemplo de aplicação de navegação indoor Here (<https://indoor.here.com/> - consultado em Setembro 2020).

Aplicações de navegação ao ar livre já estão disseminadas no mercado a preços muito acessíveis e com soluções muito satisfatórias. São utilizadas em variadas situações no quotidiano das pessoas (viagens, encontrar lugares numa cidade ou calcular diferentes rotas para o mesmo local). Estas utilizam GPS (*Global Positioning System*), um sistema de navegação por satélite, capaz de oferecer a um determinado dispositivo móvel coordenadas precisas da sua localização. Contudo, este sistema não está disponível em interiores de espaços fechados pois a comunicação com o satélite normalmente não funciona dentro de edifícios (Paiva, 2013). Por isto, em locais como terminais de aeroportos, shoppings ou salas de exposições a navegação externa é um sistema sem funcionalidade (L. Han, Zhang, & Wang, 2014).

Integrar aplicações de navegação em interiores para o cálculo de rotas continua a

ser de difícil aplicação. Existem uma série de problemas, como a falta de dados da construção, baixa precisão do posicionamento interno ou a falta de homogeneidade na geração do caminho (M. Xu, 2015). Para solucionar estes problemas é possível encontrar diversos métodos para o posicionamento e navegação. Entre esses métodos podemos encontrar a utilização de sensores de Wi-Fi, Bluetooth, Beacons, rádio frequência, entre outros. Cada um destes métodos apresentam vantagens e limitações e diferentes formas de aplicação.

### **2.5.1. Possíveis destinatários**

Sistemas de navegação internos podem ser um complemento para o auxílio da mobilidade e, por conseguinte, da qualidade de vida de pessoas com problemas específicos, como a cegueira, mobilidade especial ou problemas relacionados com a idade. Um sistema que consiga auxiliar estas pessoas em ambientes fechados, com precisão de posicionamento, adaptabilidade dinâmica em diferentes ambientes e ao mesmo tempo adaptar-se às necessidades específicas do utilizador pode ser algo extremamente útil para estes grupos de pessoas.

Existem no mundo mais de 285 milhões de pessoas com deficiência visual, das quais 39 milhões são cegas, e nestas, com base em dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (2013), 85% das pessoas que vivem com a cegueira têm mais de 50 anos. Também as perdas de memória e as dificuldades de locomoção são um problema que afetam os idosos. Estas pessoas têm dificuldade em reconhecer a localização em que se encontram, ou como chegar ao destino que desejam. Por isto, muitos idosos necessitam de ajuda e orientação consistente não apenas no ambiente externo, mas também em ambientes internos (Tsirmpas, Rompas, Anastasiou, & Koutsouris, 2014).

Para pessoas com deficiências motoras a movimentação em grandes edifícios ou espaços públicos também apresenta diversos problemas. Por isto, alguns trabalhos procuram criar técnicas de localização no interior dos edifícios, para assim oferecerem informações adequadas para uma deficiência específica. Para uma pessoa com necessidades especiais, existem várias informações que podem ser muito importantes para a sua movimentação de forma autónoma (posicionamento atual, localização de barreiras, pontos de interesse, potenciais caminhos para o movimento, etc.) (Villanueva,

Martínez, Villa, Gonzalez, & López, 2011).

Existem vários projetos criados com o intuito de utilizar a navegação interna para o auxílio de pessoas com deficiências visuais. Para estas pessoas, a capacidade de orientação em um local com várias obstruções ou, em ambientes desconhecidos é um desafio considerável. Pesquisas mostram que a frequência de viagens de deficientes visuais fora de rotas familiares em uma semana é superior a 40%, e a frequência de acidentes na altura da cabeça e quedas anuais também está em torno de 35-40%, o que é um número alarmante (Leng, S. K, & Sinha, 2019). Os estudos mostram também que estas pessoas enfrentam desafios não só na sua segurança física e privacidade diárias, mas também em termos de sensação de conforto. Fora de casa, devido à sua incapacidade de reconhecer situações e ambientes inseguros, eles desenvolvem uma sensação de impotência por não poderem determinar a sua segurança em ambientes desconhecidos (Leng et al., 2019).

### **2.5.3. Métodos para o posicionamento**

Existem três técnicas para a obtenção do posicionamento em espaços fechados, dependendo das tecnologias utilizadas: *Pedestrian Dead Reckoning* (PDR), *Radio Frequency based* e *Image Analysis based* (Alves, 2012).

O processo *Dead Reckoning*, assenta na estimativa acumulada do deslocamento da pessoa/objeto para, conseqüentemente, determinar a sua posição. Através de sensores integrados (Acelerómetros, Bússolas/Magnetómetros ou Giróscopios) é detetada a ocorrência de passos e assim proporcionar um meio de determinar a distância e direção em que estes foram dados (Figura 7).

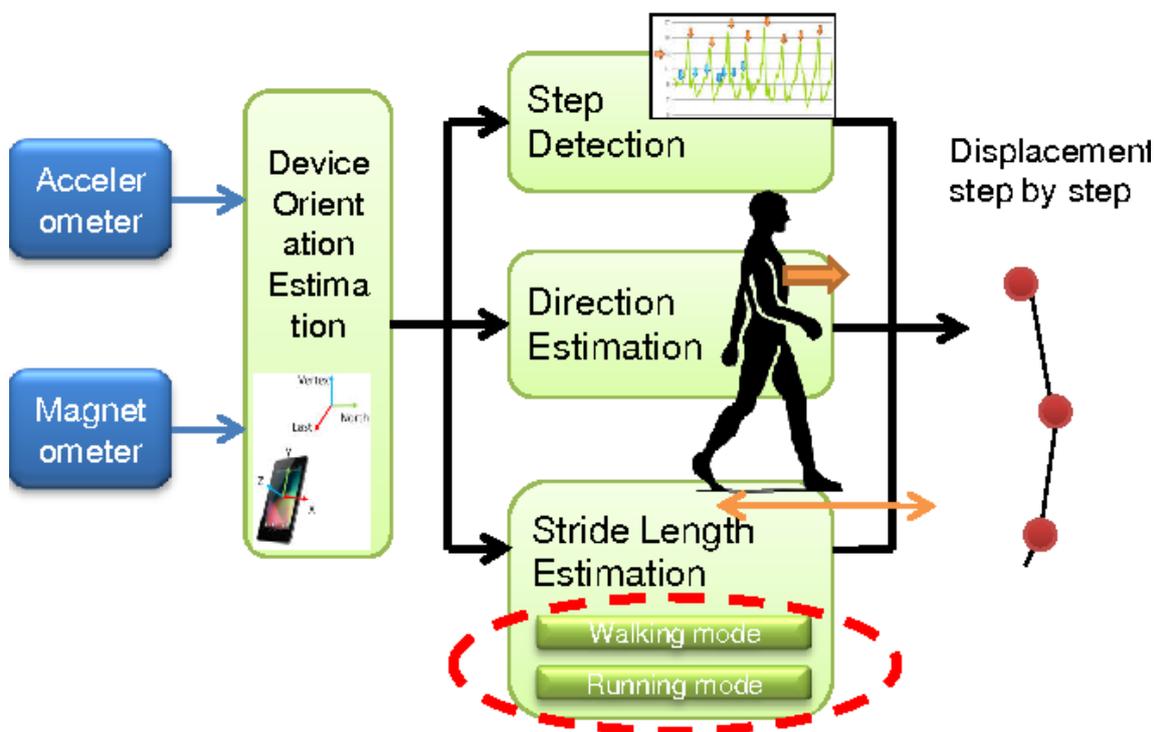


Figura 7 – O sistema PDR segundo (Kakiuchi & Kamijo, 2013).

A técnica por *Radio Frequency based* utiliza as propriedades das ondas eletromagnéticas para identificar o posicionamento. Com a utilização de informações de localização dos transmissores (Wi-Fi, GPS + Beacon ou Bluetooth) é triangulada a posição de um utilizador ou dispositivo. Dentro de todas as tecnologias que se englobam neste grupo, a mais comum é a utilização do Wi-Fi (Figura 8). Estes sistemas podem também beneficiar do uso das plantas de edifícios.

Sistemas de posicionamento com base na análise de imagem pretende determinar a sua posição através do estudo visual do espaço à sua volta, utilizando como referência características do ambiente (naturais ou artificiais) que nos são conhecidas (Figura 9). Existem dois métodos para envolver a análise de imagens e assim obter posicionamentos: métodos que procuram identificar e acompanhar o movimento de determinadas características naturais da imagem, aquando do deslocamento da pessoa, e com base nisso tirar conclusões e os que usam a simples leitura de marcas fiduciais, introduzidas intencionalmente no ambiente, e que apresentam uma localização específica associadas a si (Alves, 2012).

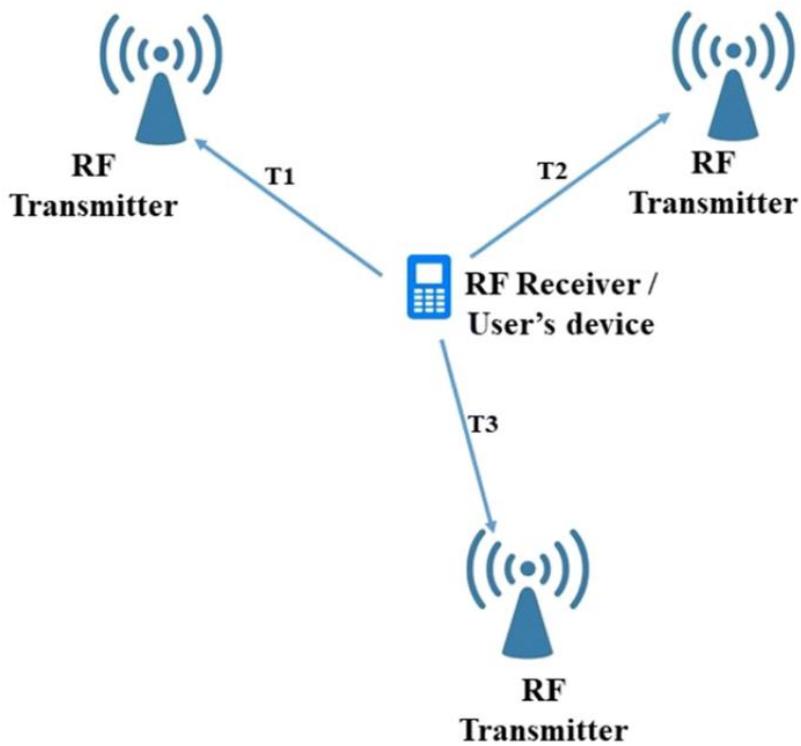


Figura 8 – Esquema simplificado do processo de localização por radio-frequência segundo (Kunhoth, Karkar, Al-Maadeed, & Al-Ali, 2020).



Figura 9 – Processo de localização por análise de imagem (<https://www.geospatialworld.net/> - Acedido em Setembro 2020).

### 2.5.3. Trabalho Científico (Indoor navigation)

Com o objetivo de uma percepção mais abrangente sobre o estado de desenvolvimento da temática a nível mundial, foi efetuada, com recurso à plataforma Scopus, utilizando a temática *indoor navigation*, uma pesquisa bibliográfica. Seguidamente realizou-se a leitura dos títulos e *abstracts* dos artigos, para apenas serem incluídos os trabalhos relacionados com a navegação em interiores. Este processo resultou numa base de dados bibliográfica com um total de 142 artigos.

A partir da base de dados obtida, o passo seguinte passou pela realização de várias operações que permitiram a observação de várias variáveis tais como: a evolução dos estudos sobre a temática ao longo dos anos, em que países é mais relevante e as redes de colaborações entre países.

Para a análise dos dados obtidos foi utilizada a ferramenta *biblioshiny* (aplicação de interface web para o package *bibliometrix*) do software R. Para tratamento dos resultados (mapas e gráficos) foram utilizados os softwares ArcMap e Excel (Figura 10).

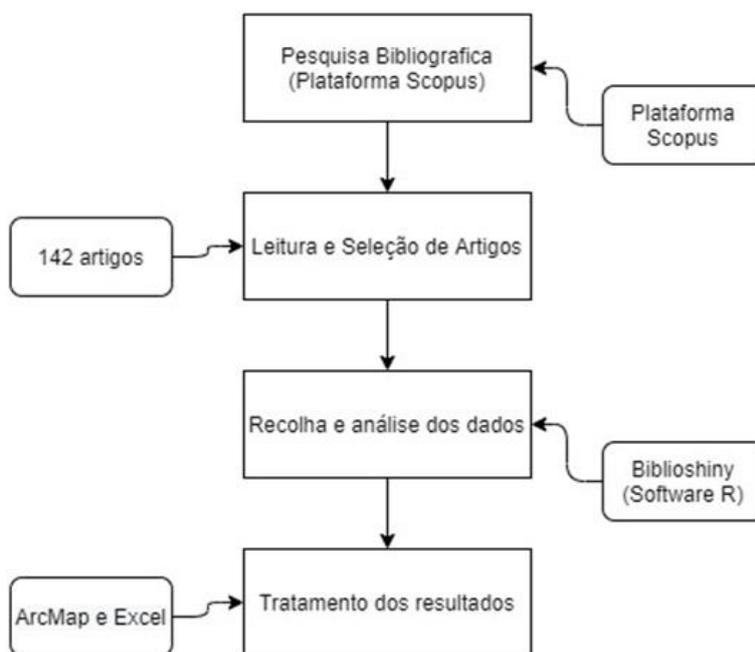
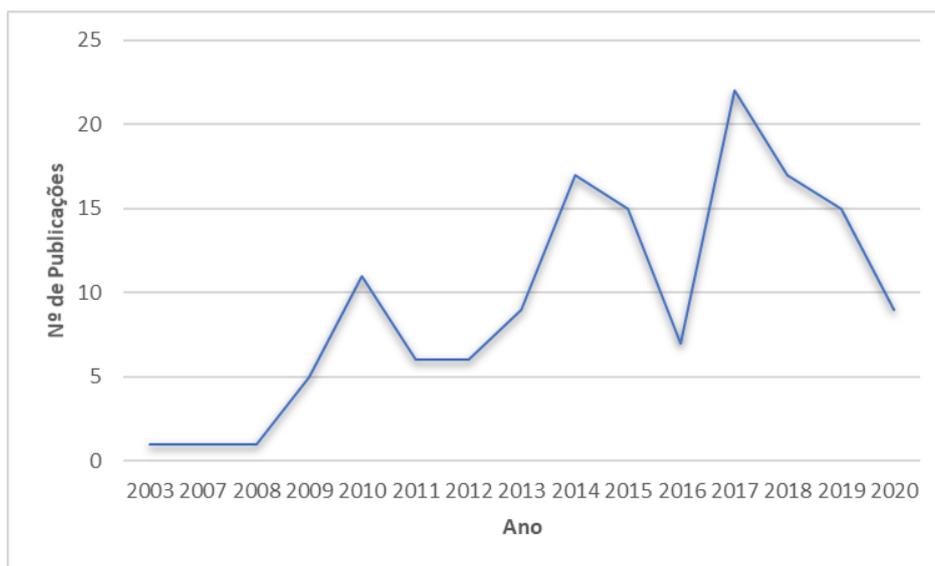


Figura 10- Fluxo de trabalho realizado para a pesquisa sobre a temática.

A produção científica, no âmbito do tema abordado, teve o seu início no ano de 2003 (Figura 11) e apresentou uma taxa de crescimento anual de 16,99%. Até ao ano de 2009 não existem registos superiores a 1, contudo a partir desse ano os valores nunca baixaram dos 5. O pico ocorreu no ano de 2017 com 22 produções. Destaque para o atual ano que já contabiliza 9 produções.



*Figura 11- Evolução da produção científica anual no âmbito da indoor navigation.*

Foi possível observar que existe um total de 238 investigadores que realizaram trabalhos sobre a temática. Deste grupo de investigadores existe um total de 40 nacionalidades.

Existem trabalhos em todos os continentes, mas o maior destaque vai para a China, que é o maior produtor por larga distância com 77 produtores (32,35% do total). Seguidamente, surgem os Estados Unidos da América e Índia com 21 e 12, respetivamente. Na Europa existe a maior concentração de produtores, havendo 22 países com registos. Destes o principal país produtor é a Alemanha com 11, seguida pela Holanda com 7. Em Portugal registam-se 3 produtores (Figura 12).

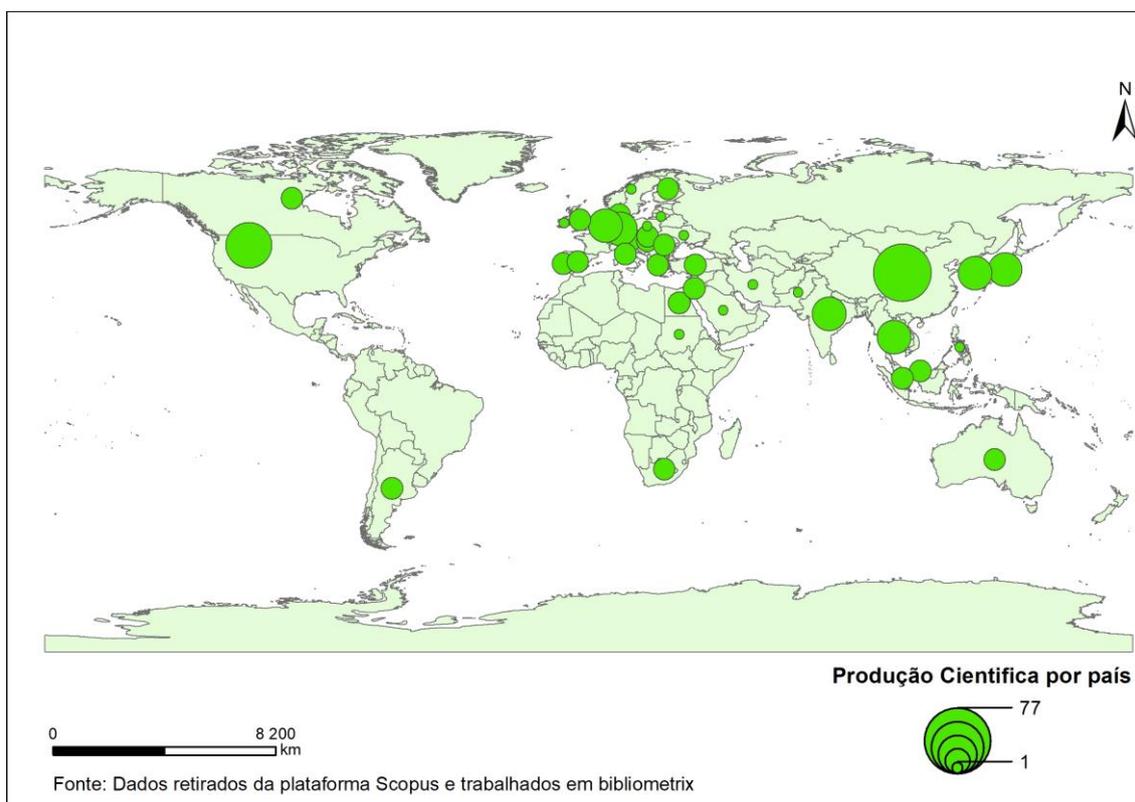
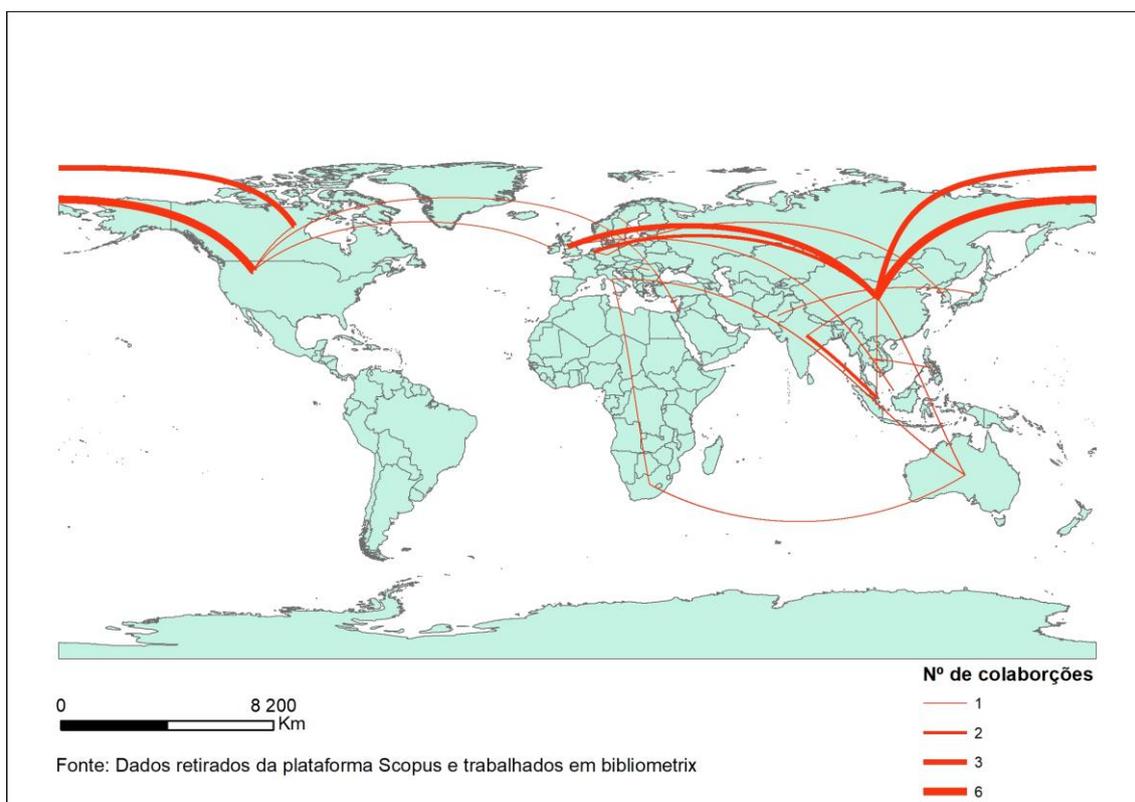


Figura 12- Produção científica por país no âmbito da temática Indoor navigation.

As colaborações realizadas entre autores/instituições com países que não os da sua origem, é também um indicador interessante para a contextualização do tema. No total estão contabilizadas 31 colaborações entre 12 países.

A China volta a ter um grande destaque, com um total de 13 colaborações (41,94% do total) entre 6 países diferentes (Áustria, Canadá, Singapura, Reino Unido e Estados Unidos da América). Também é possível observar, através da Figura 13, que as colaborações que a China realiza com Estados Unidos da América e Canadá são as mais frequentes com 6 e 3, respetivamente. O segundo destaque vai para os Estados Unidos da América que realiza 3 trabalhos com três países diferentes, Canadá, Irlanda e Israel. Todos os restantes países contabilizam apenas uma ou duas colaborações.



*Figura 13-Redes de colaborações entre países no âmbito da temática indoor navigation.*

Por todo o mundo existem exemplos onde foram criadas e aplicadas ferramentas de navegação interna para utilizadores dos edifícios. Os serviços existentes nos edifícios são variados, shoppings, museus ou universidades. Dependendo do serviço as funções para os quais as aplicações foram criadas também variam. O Quadro 2 resume alguns exemplos de ferramentas criadas, onde estão aplicadas e a sua função.

A Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia (NTNU), localizada na cidade de Trondheim foi a primeira universidade do mundo a desenvolver este tipo de aplicações, num projeto que se iniciou em 2008 e foi lançado para a comunidade no ano de 2011. Destaque para a variedade de serviços presentes em cada edifício, shoppings, museus ou hospitais. O Shopping COEX Mall, na Coreia do Sul é considerado o maior centro comercial subterrâneo de toda a Ásia.

*Quadro 2- Exemplos de edifícios com sistemas de navegação interiores integrados.*

<b>Edifício</b>	<b>Função do Edifício</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Destinatários</b>	<b>Ano de criação</b>
Shopping COEX Mall (Coreia do Norte)	Shopping	85.000 m <sup>2</sup>	Funcionários e Visitantes	2014
Hubei Provincial Museum (China)	Museu	24.000 m <sup>2</sup>	Visitantes	2013
Hospital Honvéd (Romênia)	Hospital		Funcionários, utentes e visitantes	2018
Gløshaugen campus (Noruega)	Universidade	350.000 m <sup>2</sup>	Estudantes e visitantes	2011

### 3. A Faculdade de Letras da Universidade do Porto

A FLUP foi criada a 27 de agosto de 1919 (artigo nº 11º da Lei nº 861). Posteriormente, foi determinado seu encerramento pelo Governo da Ditadura Militar, em 1928 (Decreto nº 15.365). Passados 42 anos foi restabelecida (1961), prevalecendo até à atualidade (Decreto nº 43.864, de 17 de agosto de 1961) (Fernandes, 2007).

Ao longo da sua história a faculdade passou por diversas instalações. Inicialmente funcionou em salas da Faculdade de Ciências, tendo transitado para a Quinta Amarela na Rua Oliveira Monteiro. Seguiram-se as instalações da Rua do Breyner, de onde transferiu o funcionamento de alguns dos seus cursos para a antiga Escola Médica e para a Rua das Taipas. Seguidamente transitou para o Palacete Burmester e para o Seminário do Vilar até à sua instalação na Rua do Campo Alegre, onde funcionou até dezembro de 1995. Em janeiro de 1996 passou a funcionar no atual edifício (Figura 14), na Via Panorâmica, um edifício da autoria do arquiteto Nuno Tasso de Sousa (Fernandes, 2007). O lançamento da primeira pedra (Figura 15) ocorreu no ano de 1989 e a construção durou até 1996 (Figura 16).



Figura 14- Edifício atual da FLUP.



Figura 15- Fotografias da cerimónia de lançamento da primeira pedra do edifício da FLUP (1989)(Fonte: <http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/eventos/>. Acedido em agosto 2020).

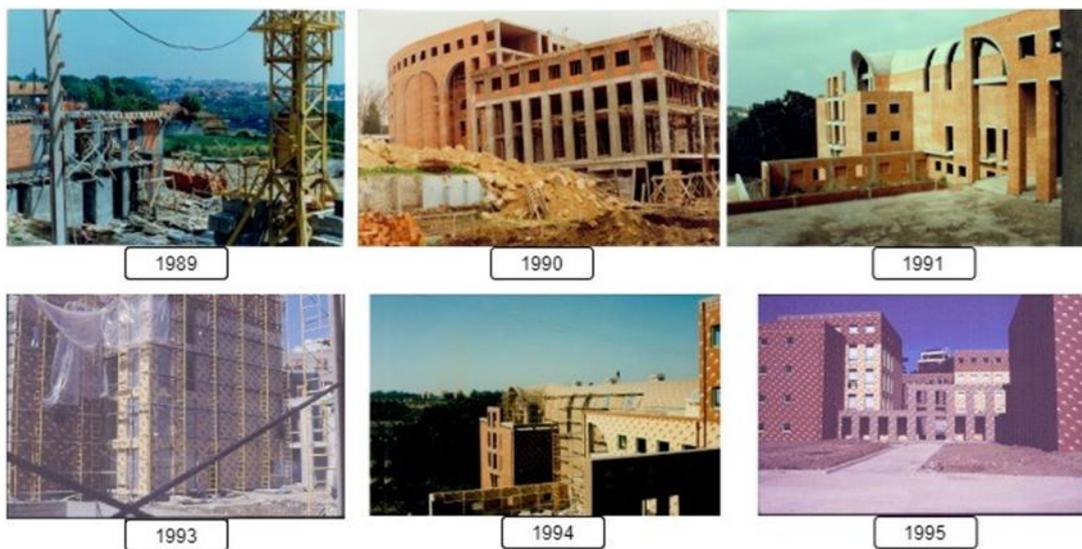


Figura 16- Fotografias da construção do edifício da FLUP, de 1989 a 1995. (Fonte: <http://blogs.letras.up.pt/100anosflup/galeria/construcao-do-edificio-na-via-panoramica/>. Acedido em agosto 2020).

A Faculdade de Letras da Universidade do Porto localiza-se na Via Panorâmica Edgar Cardoso, na União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos. Insere-se no Pólo 3 da Universidade do Porto, em conjunto com a Faculdade de Ciências e a Faculdade de Arquitetura. Organiza-se em um bloco geral com 4 pisos para aulas, espaços de apoio e biblioteca e dois blocos independentes (torre A e torre B) para institutos e gabinetes. Conta ainda com uma cantina, e duas residências universitárias (Residência José Novais Barbosa e Residência Alberto Amaral) pertencentes à Universidade do Porto (Figura 17).

No ano letivo de 2019/2020 encontravam-se cerca de 3700 estudantes inscritos, 187 docentes e ainda 75 colaboradores. A esta lista ainda se podem adicionar os investigadores e outros colaboradores não pertencentes à instituição ([https://sigarra.up.pt/flup/pt/web\\_base.gera\\_pagina?p\\_pagina=FLUP2019#RecursosHumanos](https://sigarra.up.pt/flup/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=FLUP2019#RecursosHumanos)).



- |   |   |
|---|---|
| 1- Biblioteca da Faculdade de Letras da Universidade do Porto | 5- Residência Universitária José Novais Barbosa         |
| 2- Edifício Geral   | 6- Cantina da Faculdade de Letras da Universidade Porto |
| 3- Torre A  | 7- Residência Universitária Alberto Amaral              |
| 4- Torre B  |   |



Fonte: Basemap World Imagery (Clarity)-ESRI

Figura 17- Edifícios atuais da FLUP.

## 4. Tarefas Desenvolvidas

De modo a serem criadas as ferramentas descritas anteriormente, foi necessário um conjunto de operações para a preparação dos dados de base. Nas plantas do edifício foram realizadas várias alterações, como por exemplo:

- Conversão do formato CAD para SIG;
- Correção, atualização e georreferenciação;
- Desenho das áreas correspondentes a cada um dos espaços internos;
- Criação de uma base de dados e definir que informações lhe serão inseridas.

### 4.1. Conversão CAD-SIG

As plantas do edifício da faculdade, disponibilizadas pela Unidade de Logística, encontravam-se em formato CAD. Devido à necessidade de tratamento dos dados em formato SIG foi necessário realizar a sua conversão, sendo por isso exportadas para o software ArcMap da ESRI.

Como é possível observar na Figura 18, a planta não ficou completamente carregada no formato SIG. Praticamente todos os elementos correspondentes às divisões internas do edifício não modificaram para o formato SIG. Devido à necessidade de todas as informações foi imperativo procurar e corrigir o problema para que todas as informações pudessem ser trabalhadas.

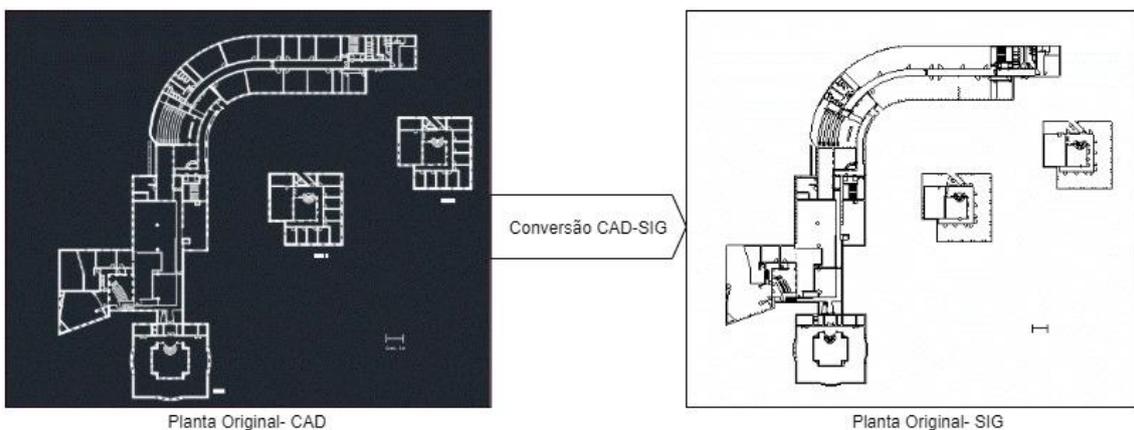


Figura 18- Planta da FLUP (Piso 1) em formato CAD e SIG.

Depois da procura pelo que impedia a correta conversão, percebeu-se que todos os elementos que, no formato CAD se encontravam fechados (polígonos), não carregavam para o formato SIG. Por isto, foi necessária a separação de todos os polígonos, para assim se transformarem em linhas individuais. Para isso foi utilizada a ferramenta “explodir” do AutoCAD (Figura 19). Depois da concretização desta tarefa, em todos os elementos de todos os pisos, foi possível concretizar a conversão CAD-SIG corretamente (Figura 20).

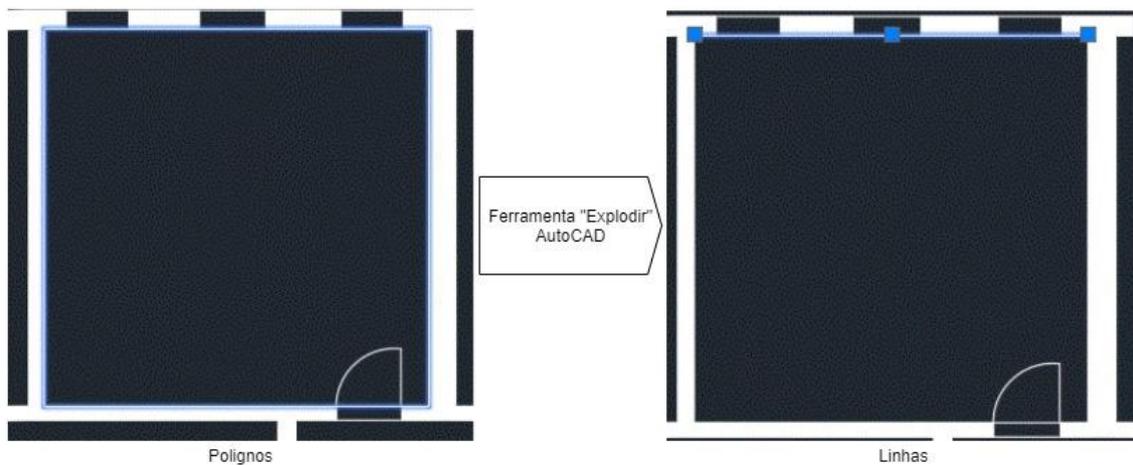


Figura 19- Exemplo de aplicação da ferramenta “explodir” do AutoCAD.

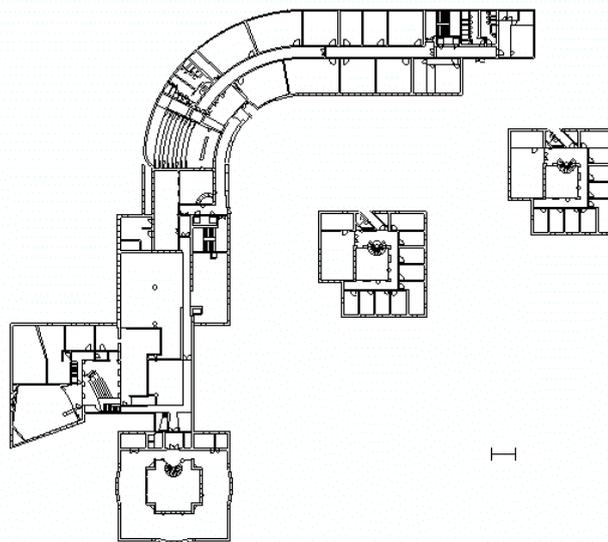


Figura 20- Planta da FLUP (Piso 1) carregada corretamente no formato SIG.

### 3.2. Sobreposição e Georreferenciação

Com todos os elementos das plantas carregados corretamente no formato SIG, foi necessário sobrepor todos os pisos pois estes encontravam-se desenhados individualmente. A georreferenciação das plantas foi também um processo necessário

Para a sobreposição dos pisos foi utilizada a ferramenta “Spatial Adjustment”. Esta ferramenta permite mover ou ajustar ficheiros vetoriais para pontos específicos indicados pelo operador (Figura 21).

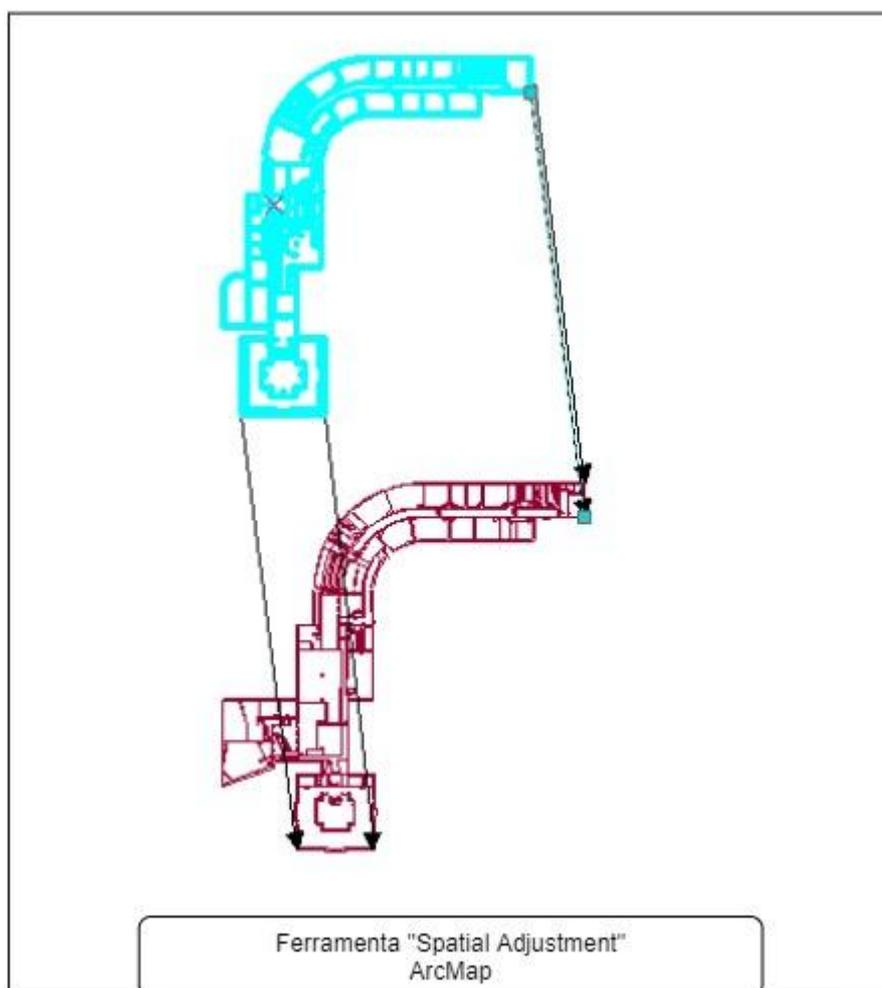


Figura 21- Processo de sobreposição dos pisos

Para a georreferenciação da planta foi utilizado o mesmo método. A partir da carta de edificação da Câmara Municipal do Porto, onde os limites do edifício da FLUP já estão georreferenciados, moveu-se as plantas para a localização presente na carta (Figura 22).

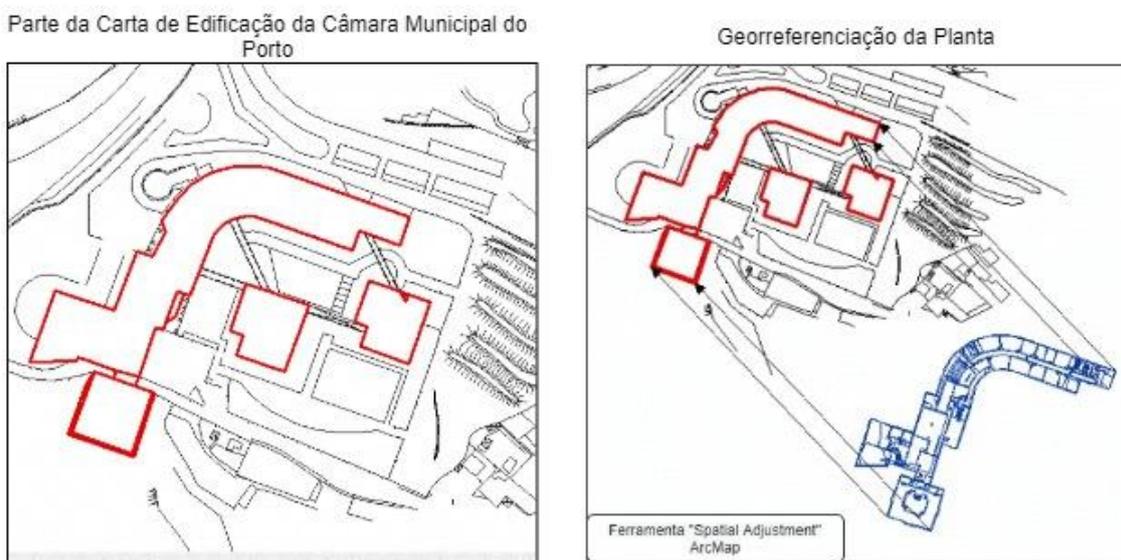


Figura 22- Processo de Georreferenciação das plantas.

### 3.3. Erros

Com as tarefas descritas anteriormente terminadas (Figura 23), foi possível observar que as plantas possuíam erros grosseiros que poderiam prejudicar todo o trabalho futuro. Só depois da sobreposição dos pisos foi possível observar a existência destes erros.

Estas gralhas encontravam-se em todas as áreas e em todos os pisos. Eram erros nas áreas das salas, distâncias e ângulos entre elementos incorretos e posições de objetos erradas (caixas dos elevadores, janelas, escadas, etc.). Através da Figura 24 é possível observar alguns exemplos desses erros.



Figura 23- Plantas da FLUP georreferenciadas e sobrepostas.

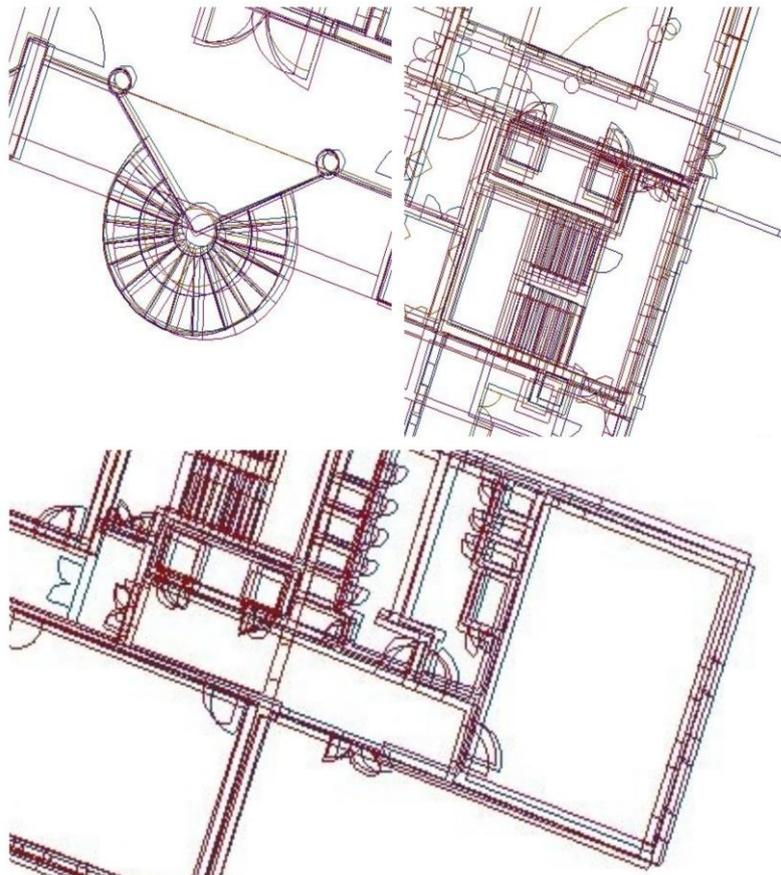


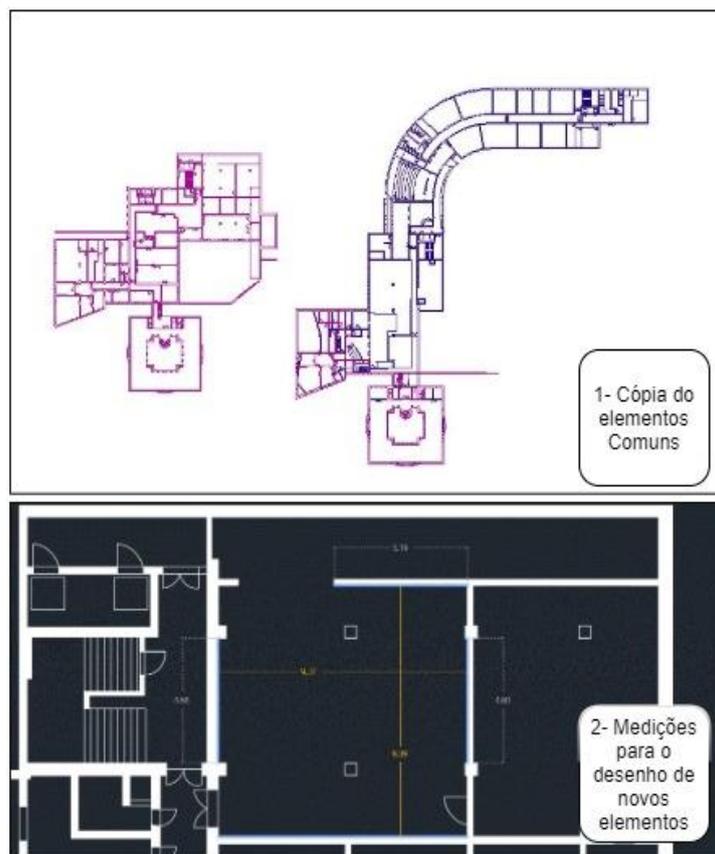
Figura 24- Exemplos de erros nas plantas da FLUP.

Para a correção destes erros e como não era possível medir e voltar a desenhar todo o edifício da faculdade, recorreu-se a uma estratégia alternativa.

A forma encontrada para a correção do problema foi a escolha de um piso como base para a construção dos restantes. O piso 1 foi o eleito e a partir dele foram aproveitados todos os elementos coincidentes com outros pisos e serviu também como medida de partida para os outros elementos.

A Figura 25 mostra a forma de como as plantas são corrigidas. Com a planta do piso 1 como base (a azul), são copiados todos os elementos comuns ao piso a ser tratado. Depois, a partir do AutoCAD medem-se as distâncias e os ângulos dos elementos não comuns a partir dos comuns para assim se conservarem as distâncias.

A maior preocupação neste trabalho passou pela conservação, da forma mais fiel possível, dos espaços interiores da faculdade, mantendo as áreas e sobreposição exata dos espaços e formas das janelas, portas, elevadores e escadas.



*Figura 25- Método aplicado para a correção dos erros.*

De forma a validar o método implementado, realizaram-se medições em algumas salas (Figura 26). A partir das áreas existentes nas plantas, das áreas obtidas pelas medições e das áreas que surgem das correções às plantas originais foi possível verificar a dimensão do erro da estratégia implementada.



*Figura 26- Realização de medições em algumas salas da FLUP.*

Como é possível observar no Quadro 3, as variações nas áreas são evidentes. Contudo, é possível ver que as distorções entre as medidas reais e as novas dimensões criadas são menores comparativamente às das plantas originais. Apenas na sala do

gabinete de logística as diferenças entre áreas são mais elevadas em relação ao novo desenho.

*Quadro 3- Resultado das medições realizadas e comparação com a planta original e a nova planta corrigida.*

Sala	Área Real	Planta Original		Nova Planta	
		Área (m <sup>2</sup> )	Erro (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Erro (m <sup>2</sup> )
203	72,98	75,3	2,32	71,79	1,19
208	64,86	61,67	3,19	64,48	0,38
Gabinete de Logística	59,69	64,19	4,5	66,64	6,95

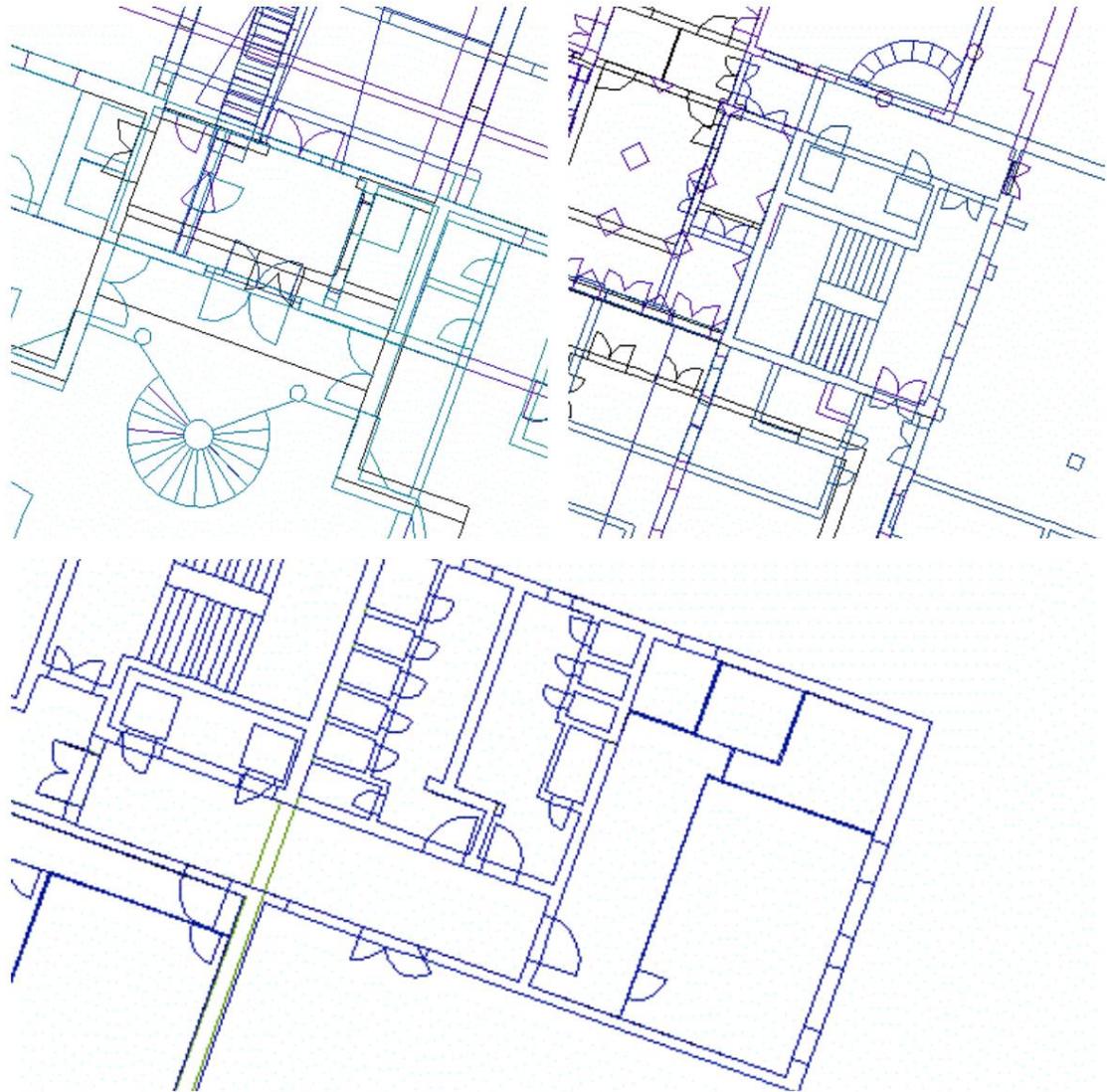
### 3.3.1. Resultados

Após o longo processo de correção de todos os elementos da planta, foi possível verificar as claras diferenças entre a original e o novo desenho (Figura 27). Apesar do trabalho moroso e cuidado é provável que ainda existam gralhas, mas os elementos



*Figura 27- Nova planta da FLUP georeferenciada e sobreposta.*

essenciais (paredes, escadas, janelas, elevadores, etc.) estão agora na sua correta posição, devidamente sobrepostos (Figura 28).



*Figura 28- Exemplos das melhorias nas plantas da FLUP.*

### 3.4. Desenho e Geodatabase

Com as plantas devidamente corrigidas seguiu-se para o desenho das áreas interiores e para a criação da base de dados, com as informações básicas de cada um dos espaços (Figura 29). Esta tem como função servir como suporte a posteriores informações.

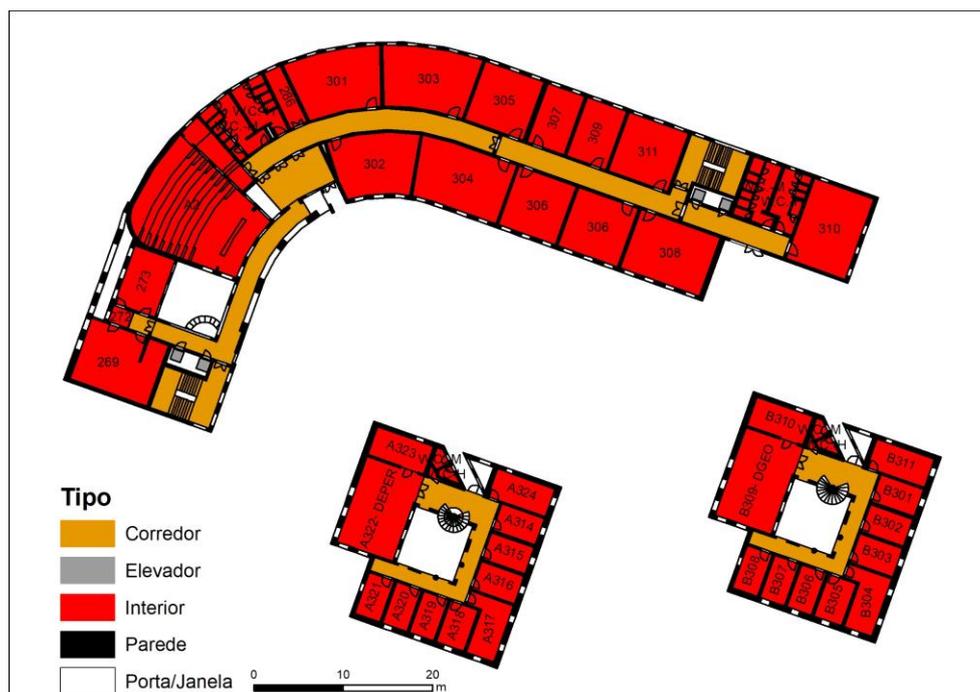


Figura 29- Espaços internos e informações neles contidos da FLUP (Piso3)

Nesta base de dados foram inseridas informações referentes ao tipo de espaço, função atual, número de porta, área e responsável/ocupante do espaço. Existem uma variedade de informações que podem ser incluídas como a lotação máxima, existência ou não de computadores e quantidade ou informações sobre extintores. Com a criação de uma plataforma de levantamentos de dados (*Survey123* da ESRI, por exemplo) disponível para a comunidade académica, estas informações podem ser facilmente recolhidas e permite que sejam reportados problemas.

A Figura 30, é um exemplo das informações já recolhidas. Representa o piso 3 da torre B da faculdade, e nele podemos visualizar as informações já inseridas na *geodatabase*. Note-se que a informação corresponde à disponível no Sigarra relativamente aos espaços, pelo que se verifica que não estará totalmente atualizada: por

exemplo, a sala B309-DGEO é da responsabilidade do diretor do Departamento de Geografia, que já não é a Prof. Teresa Sá Marques, mas a Prof. Fátima Matos.

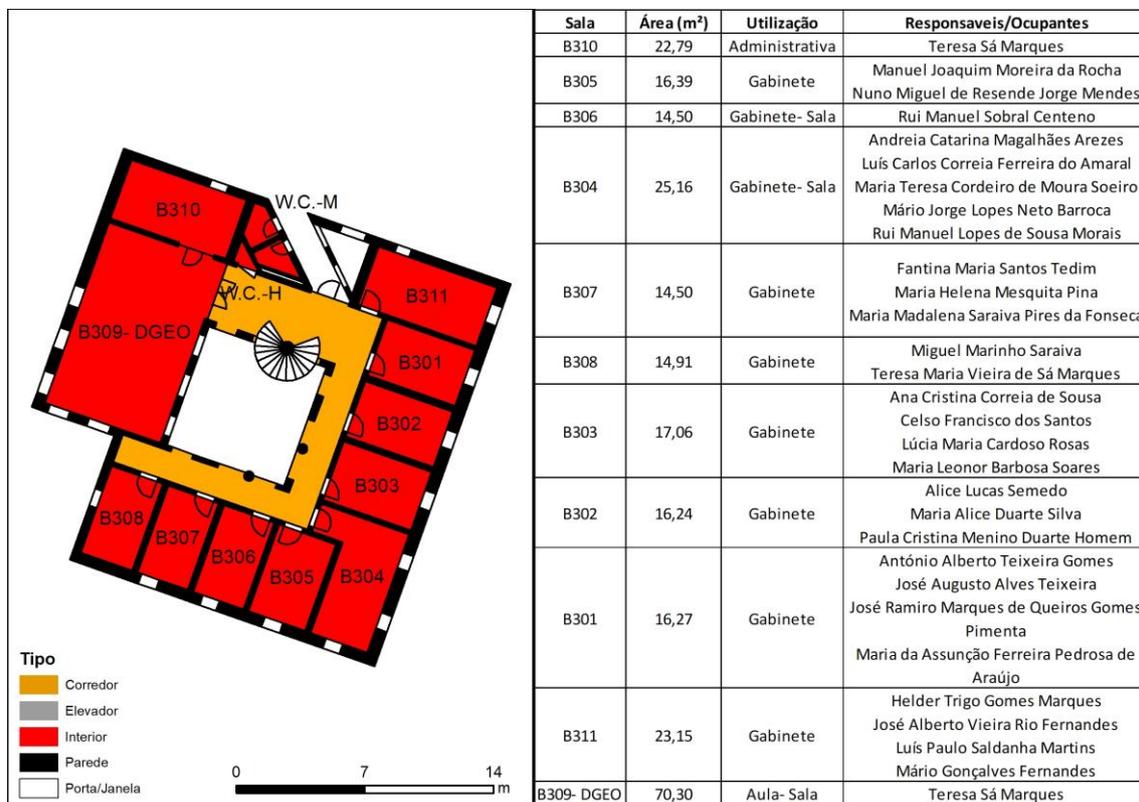


Figura 30- Exemplo das informações que podem estar contidas na base de dados (Piso 3 da Torre

B)

## 4. Ferramentas em desenvolvimento

### 4.1. Modelo Virtual Tridimensional

Um modelo virtual em 3D, que represente todo o espaço pertencente à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, onde seja possível visualizar e armazenar todas as informações referentes ao edifício bem como todas as características referentes a cada espaço interno é uma das ferramentas propostas para a o Smart Campus da FLUP. Um modelo tridimensional de um edifício pode descrever-se como uma imagem gráfica capaz de descrever a forma, posição, orientação e o tamanho das entidades em causa (W. Xu, Zhu, Du, & Zhang, 2010).

Toda a gestão do edifício pode melhorar com a utilização deste tipo de tecnologias, serviços essenciais como a Logística, Manutenção, Planos de Segurança, entre outros podem maximizar os seus serviços. Também a comunidade académica pode beneficiar desta ferramenta, pois ela permite a interação entre alunos, professores e funcionários de uma forma rápida e interativa. Neste edifício virtual é possível incluir todos os atributos associados a cada espaço do edifício podendo estes serem consultados pela comunidade.

No mercado, as opções para a criação destes modelos são maioritariamente em formato CAD. Por isto, a proposta aqui deixada é a utilização do software ESRI *CityEngine* (Figura 31). É um software autónomo que possibilita aos utilizadores profissionais em arquitetura, planeamento urbano, entretenimento, simulação, SIGs ou conteúdo 3D geral uma produção, com um design apelativo, uma solução para a modelação eficiente de cidades e edifícios. O *CityEngine* melhora o planeamento urbano, arquitetura e design. A sua capacidade de visualização 3D pode ser usado para ver relações de projetos, avaliar a sua viabilidade e planear a sua implementação. As propostas de construção podem ser comparadas e analisadas de todos os ângulos. Também é utilizado para vários estudos sobre o potencial de radiação solar para utilização de células fotovoltaicas.

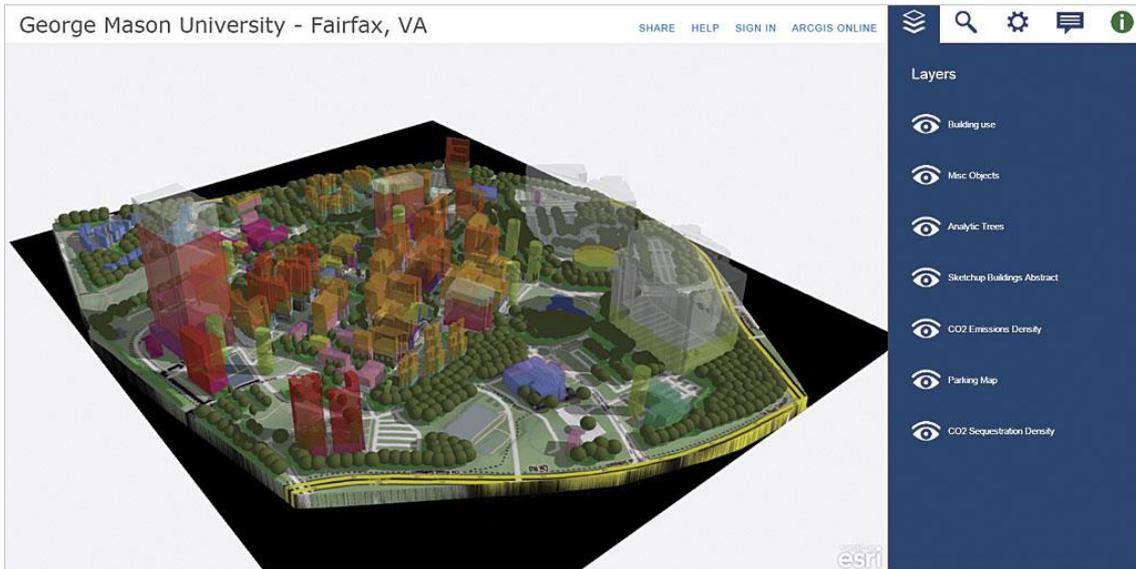


Figura 31- Modelo completo do campus da George Mason University no CityEngine Web Scene. (Fonte: ESRI. Consultado em agosto 2020).

Existem já vários exemplos da utilização desta tecnologia para campus universitários, com por exemplo a Universidade Jaime I em Espanha, Universidade George Mason nos Estados Unidos da América e no caso português a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, cujo projeto serviu de inspiração para o nosso trabalho, sendo o resultado do trabalho de Lima (2016) - Figura 32, Figura 33 e Figura 34.

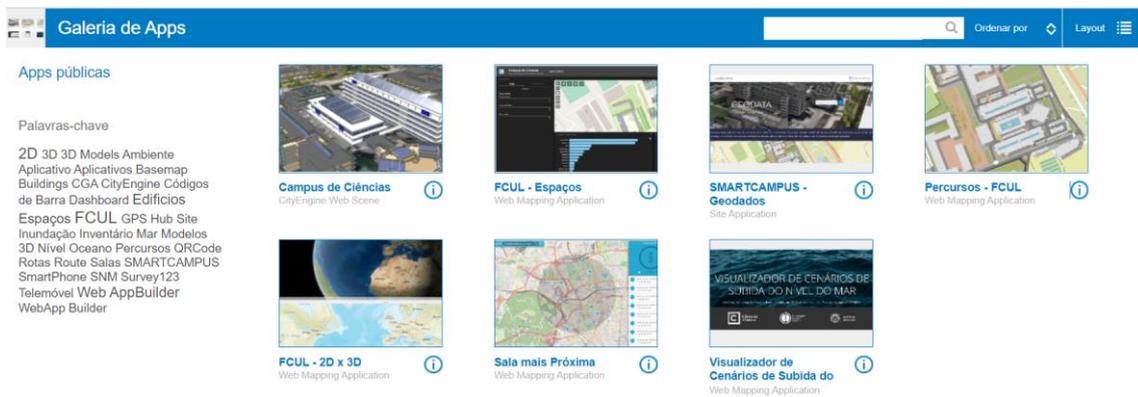


Figura 32 – Galeria de aplicações SmartCampus FCUL  
48

(<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/> - Setembro de 2020).

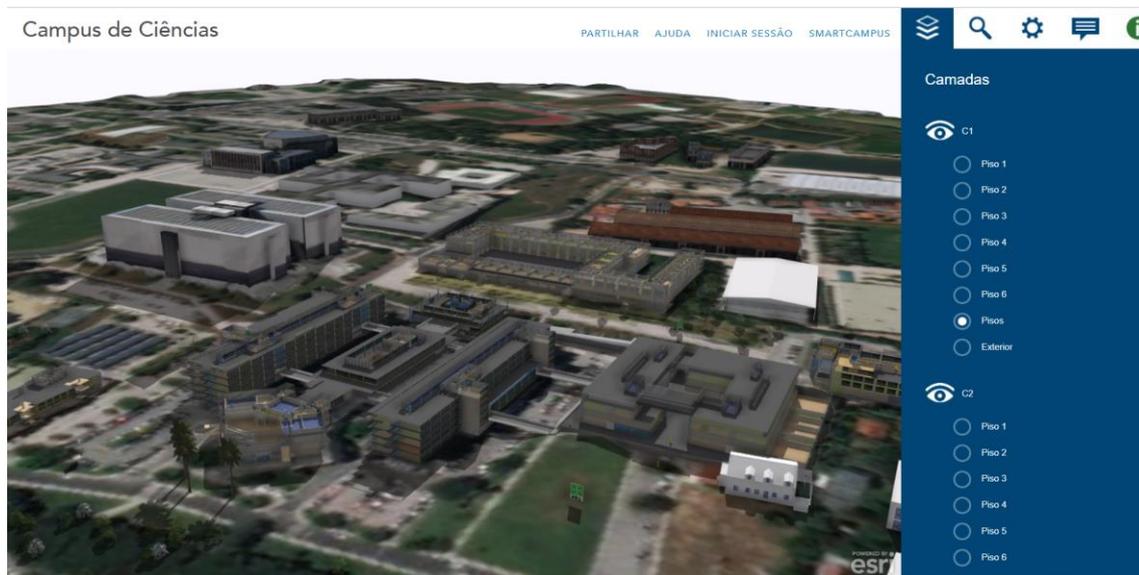


Figura 33 – Modelação 3D do Campus FCUL (<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/> - Setembro de 2020).

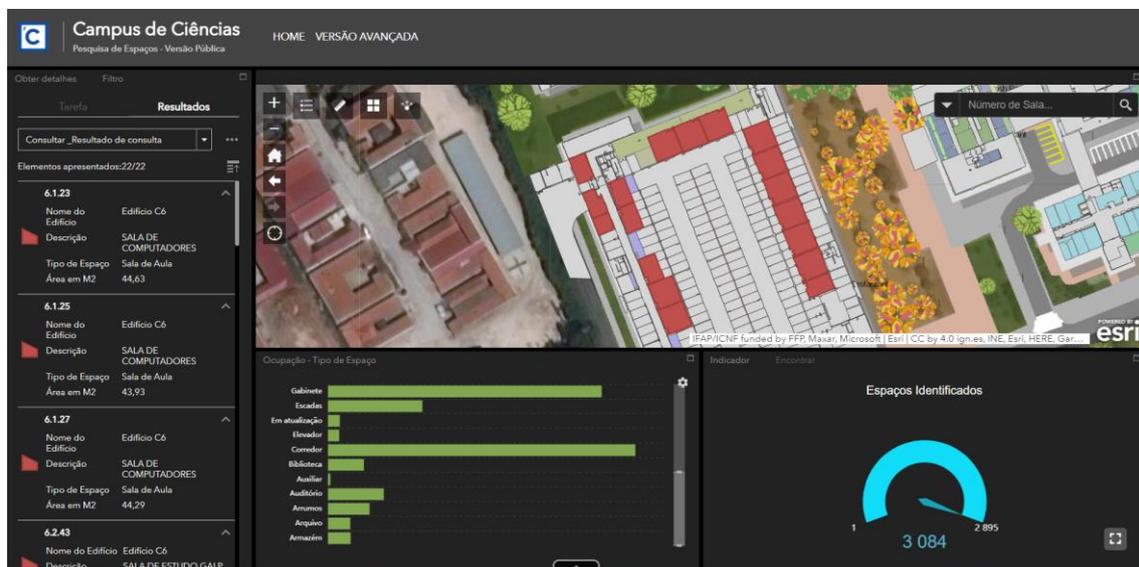


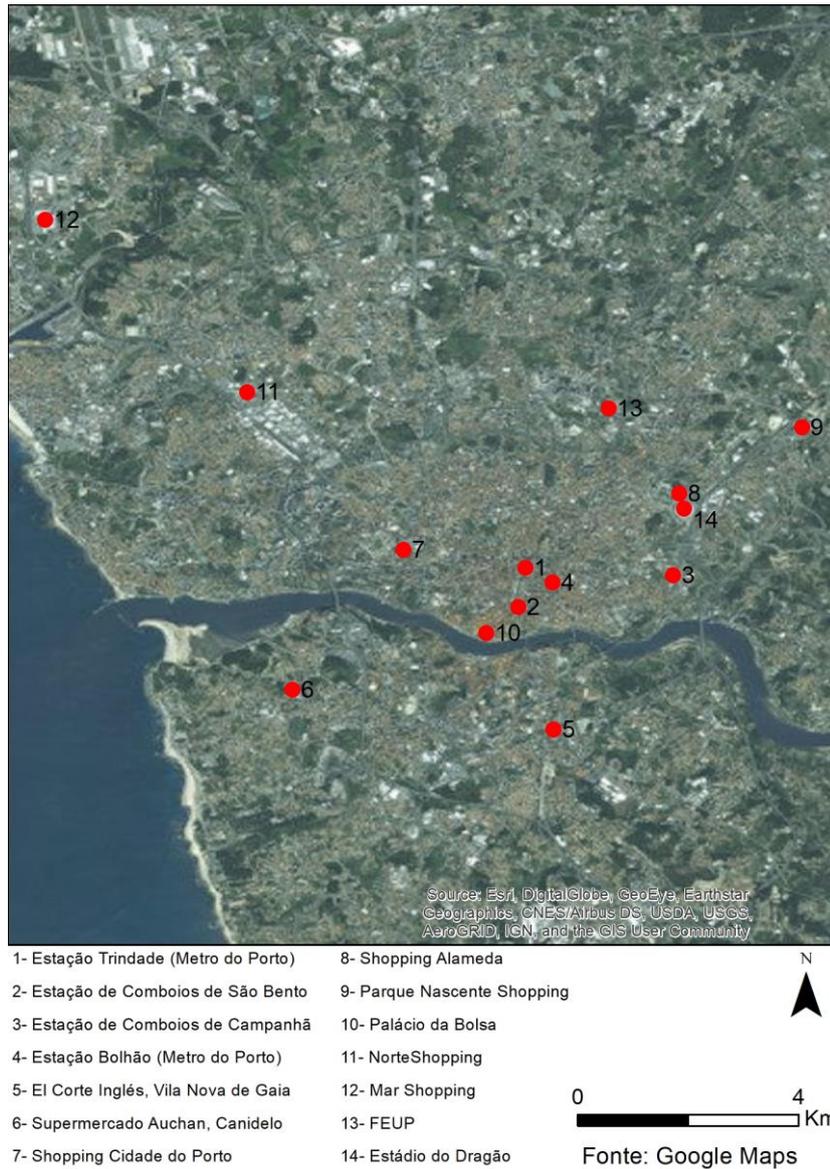
Figura 34 – Exemplo de pesquisa de salas de aula na aplicação Pesquisa de espaços do SmartCampus FCUL (<https://smart.campus.ciencias.ulisboa.pt/portal/home/> - Setembro de 2020).

## 4.2. Google Maps Indoor

O Google Maps indoor é uma funcionalidade que permite aceder a mapas interiores detalhados, com a identificação de pontos de interesse e a partir daí obter informação relevante e útil. Tem como objetivo proporcionar uma experiência mais agradável para os visitantes dos edifícios. Quando os mapas internos estão disponíveis no Google Maps é possível visualizar a planta do edifício num *smartphone* e com isto podem ser obtidas informações de direções dentro do edifício. Este serviço está disponível na aplicação móvel do Google Maps.

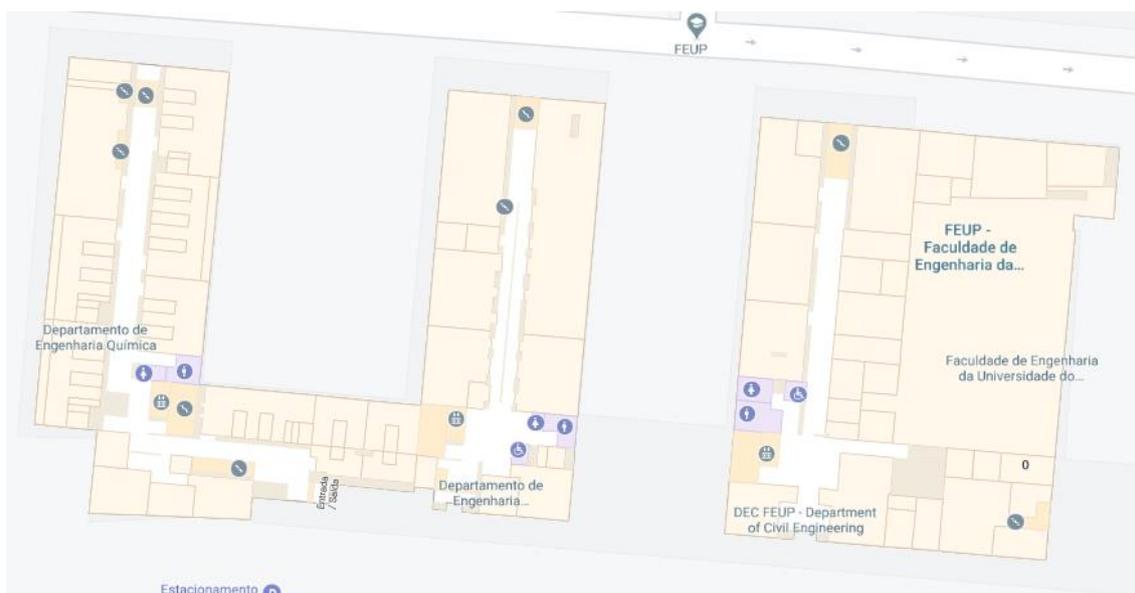
Quando o utilizador se encontra dentro do edifício consegue ver a sua localização e assim, é-lhe permitida uma orientação mais facilitada. Com o auxílio de etiquetas na planta facilmente se localizam todos os tipos de pontos de interesse e serviços essenciais como casas de banho, multibancos, elevadores, número das salas, etc. Sempre que existe mais que um andar, é possível alternar entre eles para assim se ver os respetivos pisos. Além disso, a sua utilização é também um completo à acessibilidade para pessoas com deficiências.

Em Portugal, esta funcionalidade existe em vários locais, como museus (Centro de Arte Moderna, Museu da Marinha) ou palácios (Palácio Nacional de Queluz, Palácio Nacional de Sintra). No Porto e concelhos limítrofes também existem alguns exemplos desta funcionalidade em locais de grande afluência de pessoas (Figura 35), como por exemplo as estações de comboio de Campanhã e São Bento, as estações de Metro da Trindade e do Bolhão, o Estádio do Dragão, o Palácio da Bolsa. Alguns espaços comerciais têm também esta funcionalidade, nomeadamente os Shopping Alameda, Parque Nascente, Bom Sucesso, Norteshopping, Marshopping, e mesmo o supermercado Auchan (em Canidelo, V. N. Gaia).



*Figura 35- Edifícios na cidade do Porto e arredores em que está disponível a funcionalidade Google Maps Indoor.*

Dentro do universo da Universidade do Porto, a Faculdade de Engenharia foi a primeira a implementar esta funcionalidade (Figura 36) num projeto de 2015. Os mapas interiores são automaticamente apresentados no telemóvel quando um utilizador faz a ampliação de um local na aplicação, havendo depois a possibilidade de definição de locais favoritos (salas onde se tem mais aulas, por exemplo).



*Figura 36- Google Maps Indoor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*

O processo de submissão das plantas da FLUP já foi iniciado, tendo sido entregue a planta do piso 1 na plataforma da Google (Figura 37). Esta fase do processo passa por o preenchimento de um formulário para se iniciar o pedido e envio da primeira planta. A continuação do processo e, por conseguinte definição de novas tarefas para a conclusão do projeto está dependente da aceitação da Google, sabendo-se que será necessária uma recolha fotográfica numa seleção de locais limitada pela própria empresa.

Carregue uma planta, mapa ou planificação de um andar neste edifício:

**Nome do edifício:**  
  
por exemplo, "Aeroporto de Lisboa"

**Etiqueta de andar:**  
  
Introduza a etiqueta para este andar tal como apareceria num elevador.

**Número do andar:**  
  
Quantos andares acima do nível do solo.

**Ficheiro da planta:**  
 .png  
Aceita ficheiros nos formatos JPG, PNG, PDF, BMP e GIF

Certifique-se de que tem autorização para a planta que está a carregar.



Via Panorâmica Edgar Cardoso s / n, 4150-564 Porto, Portugal

Tem muitas plantas para carregar? Clique [aqui](#) para ser contactado(a) por um membro da nossa equipa.

**Google Maps | Indoor** Beta

1. Localizar 2. Carregar 3. Alinhar **4. Enviar** Todas as suas plantas

Confirme que toda a informação está correta antes de clicar em Enviar. Depois de enviar esta planta, não poderá fazer mais alterações.

**Faculdade de Letras da Universidade do Porto**  
**Andar: 1**  
 Via Panorâmica Edgar Cardoso s / n, 4150-564 Porto, Portugal  
 Coordenadas: 41.1507238, -8.6325859

Envie um email para [nunomiguel11.47@gmail.com](mailto:nunomiguel11.47@gmail.com) quando o estado de qualquer uma das minhas plantas mudar.

Comentários opcionais:  
  
(como: legenda, URL de referência, instruções especiais)

Note: Ao clicar em Enviar, concorda com os [Termos de Utilização](#) e confirma que o conteúdo (bem como quaisquer atualizações efetuadas a esse conteúdo) está conforme as [Diretrizes de Conteúdo](#) e que obteve as autorizações necessárias para carregar este conteúdo.



Imagens ©2020, CNES / Airbus, ISF/IGRS, Maxar Technologies | [Termos de Utilização](#) | [Comunicar um erro no mapa](#)

Figura 37- Formulário de pedido/submissão de plantas para a criação do Google Maps Indoor

### 4.3. ArcGIS Indoors

Visualizações e mapas interativos são instrumentos cada vez mais importantes devido as constantes mudanças e aos desenvolvimentos das tecnologias. Modelar a realidade em que vivemos o nosso dia a dia é algo muito útil e cada vez mais importante. Por isto, surge a necessidade de construir uma realidade virtual para o edifício da FLUP, à semelhança do que já é realizado um pouco por todo o mundo.

O ArcGIS Indoors é um sistema de mapeamento interno completo para a gestão de um edifício inteligente (Figura 38). Ele organiza todas as informações sobre o edifício, facilitando a transformação de outros tipos de formatos de dados (CAD, BIM, etc.), em mapas internos para assim oferecer suporte às instalações, aos seus utilizadores e a todas operações necessárias de manutenção ou segurança. Estaria disponível para toda a comunidade académica podendo assim melhorar todo o ambiente de trabalho e facilidade de orientação dentro do espaço. Pode servir também para a monitorização em tempo real dos colaboradores, equipas de manutenção e serviços, segurança, alunos e visitantes pois disponibiliza informações e serviços de rastreamento em tempo real dentro do edifício.

Para além da facilidade nas deslocações no interior do edifício, em conjunto com uma tecnologia *Survey123* pode ser utilizada como ferramenta para o reporte de incidentes ou avarias, possibilitando aos utilizadores a comunicação desses problemas de uma forma rápida e eficiente. A gestão dos espaços pode ser também otimizada com a utilização desta aplicação. A monitorização das pessoas que se encontram num determinado espaço pode permitir que se evitem aglomerados ou que se perceba quais não estão a ser ocupados na sua capacidade total. Com isso o bem-estar dos utilizadores é maximizado e permite poupanças de energia aumentando assim a eficiência do edifício.

O posicionamento interno é obtido de forma precisa, utilizando sistemas que já se encontram no interior do edifício, como a rede Wi-Fi ou Bluetooth.

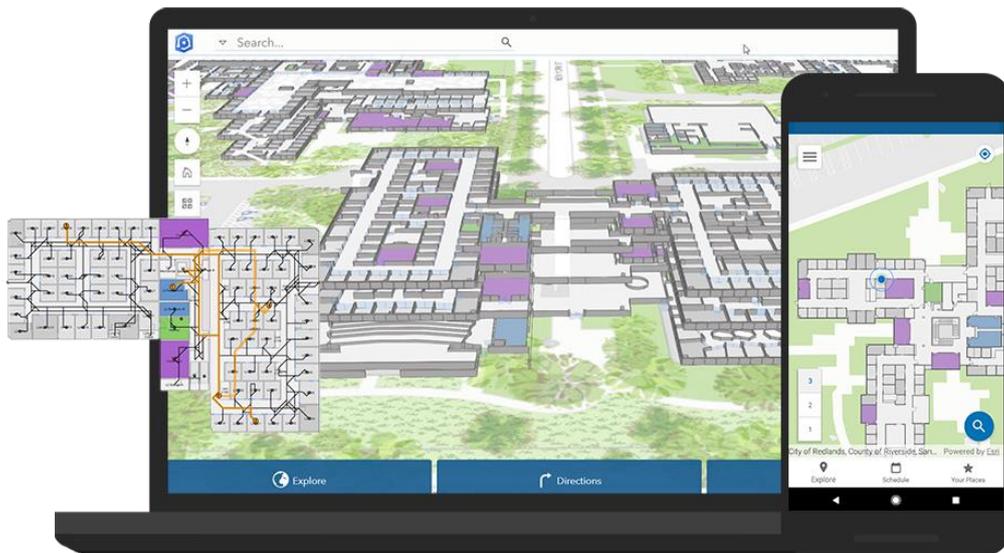


Figura 38- Exemplo de visualização do ArcGis Indoors. (Fonte: <https://www.img.com.br/pt-br/arcgis/produtos/arcgis-indoors>. Consultado a 12/09/2020.)

Para a criação desta ferramenta, são necessários vários procedimentos. Os procedimentos de base, como o tratamento e das plantas, transformações do formato CAD para SIG e georreferenciação das mesmas já foram realizados e descritos anteriormente. Faltando a recolha e inclusão das informações relativas às altitudes do edifício.

Seguidamente são várias as etapas até à conclusão do projeto. Nomeadamente a inserção e ampliação da base de dados com as informações referentes ao interior do edifício com captação de fotografias 360° do interior do edifício. Também será necessária a criação de redes de percursos para que assim a navegação seja permitida. Por fim, estes dados terão de ser importados para uma aplicação para *smartphone* para que possam estar disponíveis para toda a comunidade académica.

#### **4.4. HERE Indoor Positioning**

A HERE Indoor Positioning é uma outra aplicação que pode ser utilizada para um posicionamento e navegação interior. Esta aplicação é de fácil implantação pois utiliza as infraestruturas de Wi-Fi existente e podem ser adicionados outros hardwares de baixo custo (beacons Bluetooth) para aumentar ainda mais a precisão. Esta também permite aos utilizadores a utilização desta aplicação mesmo sem rede de internet no seu dispositivo. HERE Indoor Radio Mapper (Figura 39) é uma ferramenta destinada a capacitar qualquer local para o HERE Indoor Positioning.

Esta aplicação cria mapas de rádio, que são conjuntos de dados de rádio georreferenciados, através das redes Wi-Fi e Bluetooth, para o interior dos edifícios. O ponto de acesso Wi-Fi e as intensidades do sinal de Bluetooth são aproveitados para criar este mapa abstrato. O mapa de rádio criado é consumido pelo HERE Mobile SDK, que fornece às aplicações informações precisas sobre a localização interna e o piso em que o utilizador se encontra.

São necessárias quatro etapas para a implementação o posicionamento interno através desta aplicação em um local:

1. O local precisa ter uma infraestrutura de Wi-Fi ou Bluetooth (compatível com Eddystone™ ou compatível com iBeacon) de acordo com as diretrizes HERE;
2. É necessário um mapa interno do edifício. Pode ser importado em qualquer um dos formatos de imagem comuns;
3. Utilização do HERE Indoor Radio Mapper para a obtenção dos dados de rádio georreferenciados no local;
4. Desenvolvimento da aplicação através do HERE Mobile SDK Premium para iOS e Android.

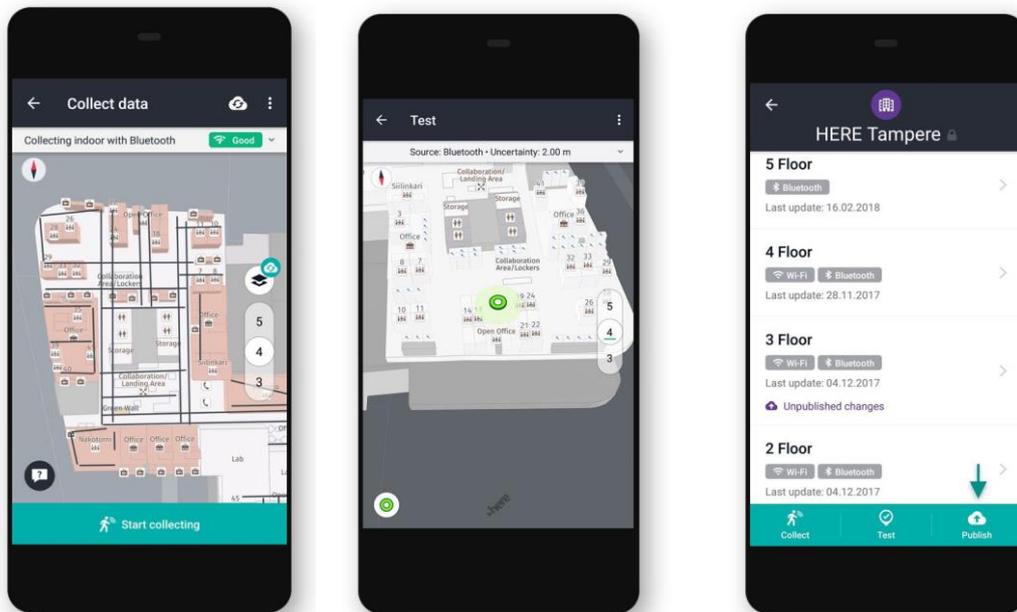


Figura 39- Exemplo de aplicação de recolha e visualização da HERE: Indoor Radio Mapper. (Fonte: <https://indoor.here.com/#/>. Consultado em setembro 2020).

## Considerações finais

Conceitos como *Smart City* e *Smart Buildings* têm sido cada vez mais difundidos e investigados no ordenamento do território um pouco por todo o mundo. As populações cada vez mais habitam em ambientes urbanos e com isto surgem os excessos de tráfego e aglomerados de pessoas. Por isto é cada vez maior a necessidade de uma gestão e planeamento eficiente das cidades e dos edifícios.

Neste trabalho é deixada uma explanação sobre a importância da utilização de tecnologias de sistemas de informação geográfica dentro de um edifício público de grande dimensão. Como podem ser utilizadas, que tecnologias podem ser implementadas e como as utilizar. Com o “Smart Campus” da FLUP todo o funcionamento do seu edifício pode melhorar. A criação e implementação de ferramentas de sistemas de informação geográfica no edifício pode ser uma mais valia para toda a comunidade académica e colaboradores que frequentem a instituição.

Com um modelo virtual tridimensional toda a gestão do edifício pode melhorar. Os serviços de logística ou manutenção e os planos de segurança, entre outros podem maximizar os seus serviços. A comunidade académica também é beneficiada com esta ferramenta pois a sua utilização é simples e interativa.

O sistema de navegação interno oferece um suporte a quem frequenta as instalações. Facilita a orientação dentro do espaço, pode ser utilizada como ferramenta para o reporte de incidentes ou avarias, otimizar a gestão dos espaços e ainda permitir poupanças de energia com a maximização de todos os espaços e recursos existentes. Existe ainda uma forte ligação destas tecnologias a pessoas com necessidades especiais, como cegueira ou deficiências motoras. Estas podem usufruir da sua utilização de uma forma muito prática e autónoma, aumentando assim a sua independência e qualidade de vida.

Ao longo deste processo surgiram várias dificuldades e imprevistos que retardaram a sua realização. Contudo, foram realizadas escolhas e tomadas decisões que visaram ultrapassar essas mesmas dificuldades, da melhor forma e com os meios possíveis. A continuação deste trabalho pode ser realizada e será certamente uma mais valia para a Faculdade de Letras da Universidade do Porto.

## Referências bibliográficas

- Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., & Leonforte, F. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102328>
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22, 2015. doi:10.1080/10630732.2014.942092
- Almeida, A. S. V. d. (2017). *Modelação tridimensional da zona histórica de Leiria em ambiente SIG3D*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10400.8/2444>
- Alves, N. I. B. S. (2012). *Uma solução para navegação indoor*.
- Arayici, Y., Khosrowshahi, F., Ponting, A., & Mihindu, S. (2009). *Towards implementation of building information modelling in the construction industry*.
- Brena, R. F., García-Vázquez, J. P., Galván-Tejada, C. E., Muñoz-Rodríguez, D., Vargas-Rosales, C., & Fangmeyer, J. (2017). Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey. *Journal of Sensors*, 2017, 2630413. doi:10.1155/2017/2630413
- Caragliu, A., del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82. doi:10.1080/10630732.2011.601117
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*: John Wiley & Sons.
- Fernandes, M. E. M. (2007). A Universidade do Porto e a Cidade: Edifícios ao longo da história. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10216/19912>
- Han, D., Jung, S., Lee, M., & Yoon, G. (2014). Building a Practical Wi-Fi-Based Indoor Navigation System. *IEEE Pervasive Computing*, 13(2), 72-79. doi:10.1109/MPRV.2014.24
- Han, L., Zhang, T., & Wang, Z. (2014). The Design and Development of Indoor 3D Routing System. *JSW*, 9(5), 1223-1228. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Litao\\_Han/publication/269647082\\_The\\_D](https://www.researchgate.net/profile/Litao_Han/publication/269647082_The_D)

[esign and Development of Indoor 3D Routing System/links/5ba4946e92851ca9ed1a2072/The-Design-and-Development-of-Indoor-3D-Routing-System.pdf](https://doi.org/10.1080/13604810802479126)

- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303-320. doi:10.1080/13604810802479126
- Kakiuchi, N., & Kamijo, S. (2013). Pedestrian dead reckoning for mobile phones through walking and running mode recognition. *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*, 261-267.
- Kunhoth, J., Karkar, A., Al-Maadeed, S., & Al-Ali, A. (2020). Indoor positioning and wayfinding systems: a survey. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 10(1), 18. doi:10.1186/s13673-020-00222-0
- Le, Q., Nguyen, H. B., & Barnett, T. (2012). Smart Homes for Older People: Positive Aging in a Digital World. *Future Internet*, 4, 607-617. doi:10.3390/fi4020607
- Leng, L. B., S. K, G., & Sinha, S. (2019, 5-7 Sept. 2019). *Smart Nation: Indoor Navigation for the Visually Impaired*. Paper presented at the 2019 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE).
- Lima, D. M. A. (2016). Campus virtual da FCUL: modelação de um edifício inteligente. Retrieved from <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/25989>
- Ojo, A., Curry, E., & Janowski, T. (2014). *Designing next generation smart city initiatives - Harnessing findings and lessons from a study of ten smart city programs*. Paper presented at the ECIS 2014 Proceedings - 22nd European Conference on Information Systems.
- Padsala, R., & Coors, V. (2015). *Conceptualizing, managing and developing: A web based 3D city information model for urban energy demand simulation*. Paper presented at the 2015 Eurographics Workshop on Urban Data Modelling and Visualisation, UDMV 2015.
- Paiva, S. (2013). A mobile and web indoor navigation system: A case study in a university environment. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 206 AISC, pp. 959-968).
- Puikkonen, A., Sarjanoja, A.-H., Haveri, M., Huhtala, J., & Häkkinen, J. (2009). *Towards designing better maps for indoor navigation: experiences from a case study*. Paper

- presented at the Proceedings of the 8th international conference on mobile and ubiquitous multimedia.
- Russo, F., Rindone, C., & Panuccio, P. (2016). European plans for the smart city: from theories and rules to logistics test case. *European Planning Studies*, 24(9), 1709-1726. doi:10.1080/09654313.2016.1182120
- To, W. M., Lai, L. S., Lam, K. H., & Chung, A. W. (2018). Perceived importance of smart and sustainable building features from the users' perspective. *Smart Cities*, 1(1), 163-175. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Perceived-Importance-of-Smart-and-Sustainable-from-To-Lai/8c8939363423ce39698e8637e670900d7972208a>
- Tsirmpas, C., Rompas, A., Anastasiou, A., & Koutsouris, D. (2014, 3-5 Nov. 2014). *Radio Frequency Identification (RFID) enhanced indoor navigation framework for seniors*. Paper presented at the 2014 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - Transforming Healthcare Through Innovations in Mobile and Wireless Technologies (MOBIHEALTH).
- Villanueva, F. J., Martínez, M. A., Villa, D., Gonzalez, C., & López, J. C. (2011, 9-12 Jan. 2011). *Elcano: Multimodal indoor navigation infrastructure for disabled people*. Paper presented at the 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE).
- World Health, O. Blindness and visual impairment [Internet]. WHO web report. In.
- Xu, M. (2015). Integrating BIM with ArcGIS for Indoor Navigation. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/67dc/944060582bcc7674115423af9d3964ffefa5.pdf>
- Xu, W., Zhu, Q., Du, Z., & Zhang, Y. (2010). Design and implementation of 3D model database for general-purpose 3D GIS. *Geo-spatial Information Science*, 13(3), 210-215. doi:10.1007/s11806-010-0309-7