



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Concepção e Teste de um Esquema Hierárquico para Suporte à Gestão de Infra-estruturas

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação

Autor

Mónica Soares Oliveira Santos

Orientador

Prof. Doutor João Manuel Coutinho Rodrigues (FCTUC – Portugal)

Esta dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

Coimbra, Julho, 2014

“O planejamento de longo prazo não lida com decisões futuras. Lida com o futuro das decisões presentes.”

Peter Drucker

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que fosse possível a realização desta dissertação.

Gostaria de destacar o papel desempenhado neste trajecto pelo meu orientador, Professor Doutor João Manuel Coutinho Rodrigues, pela disponibilidade, colaboração, conhecimentos transmitidos e capacidade de estímulo ao longo de todo o trabalho.

Deixar também um agradecimento aos colaboradores do INESC, pelo esforço em manter a plataforma utilizada na presente dissertação em estado pleno das suas funções, ao longo do presente trabalho.

Um agradecimento particular, a todos os Professores e Colegas da especialidade Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação.

Deixar um enorme agradecimento ao meu António, pela paciência, apoio e ajuda que me dispensou e sem o qual não poderia ter alcançado este resultado final.

A todos os meus amigos, que me acompanharam nesta passagem por Coimbra, pela amizade, camaradagem, incentivo e ajuda que foram necessárias ao longo destes anos.

Por último, mas não menos importantes, manifestar um sentido e profundo reconhecimento à minha família, Pai e Mãe, pelo apoio incondicional ao longo destes anos, e por fazerem de mim tudo aquilo que sou hoje, ao meu Irmão por ter feito parte do meu crescimento e por ser um motivo de orgulho e um exemplo que sempre seguirei.

RESUMO

As cidades modernas são sistemas complexos formados por subsistemas que, por sua vez, integram as suas componentes. Para a gestão desses sistemas torna-se necessário o levantamento de múltiplos tipos de informação (em geral georreferenciada) que, dada a respectiva variedade e inter-relacionamento, deve ser armazenada sob uma forma convenientemente estruturada a fim de poder ser devidamente aproveitada em processos de decisão (por exemplo, suportados em análise multicritério). Gerir a manutenção de vias urbanas, parques de estacionamento, sistemas de iluminação, sistemas de rega e de drenagem, resíduos sólidos urbanos, etc., requer informação que caracterize a realidade de forma conveniente e que possa ser usada em modelos científicos de suporte à gestão urbana.

O objectivo principal foi a concepção de um esquema hierárquico de categorias (suas subcategorias, etc.) e atributos para organizar, de forma genérica, as ocorrências (espaciais ou não) e respectiva caracterização aplicável num contexto prático de gestão urbana moderna.

O trabalho envolveu o projecto da referida estrutura hierárquica de uma forma muito abrangente e a sua aplicação a um caso de estudo (a cidade de Coimbra). Foram efectuadas a inclusão e teste prático na ferramenta web SperoBox já existente que, de forma integrada, usa o Google Maps, disponibiliza modelos de análise multicritério para gestão urbana e ligações a redes sociais. É, assim, garantido o suporte informático para uma grande variedade de casos reais levantados no âmbito da aplicação do trabalho desenvolvido na dissertação, onde pode ser evidenciada a aplicabilidade prática do esquema conceptual para a gestão de algumas categorias de infra-estruturas urbanas.

ABSTRACT

Modern cities are complex systems formed by subsystems which, in turn, are part of their components. To manage these systems it is necessary to survey multiple types of information (usually georeferenced) that, given their variety and interrelationship, should be stored conveniently under a structured manner in order to be properly used in decision processes (e.g. supported on multi-criteria analysis). Managing the maintenance of urban roads, parking lots, lighting systems, irrigation and drainage systems, municipal solid waste, etc., requires information to characterize the reality conveniently and that can be used in scientific models to support urban management.

The main objective was the conception of an hierarchical scheme of categories (its subcategories, etc..) and attributes to organize, in a generic way, occurrences (spatial or not) and respective characterization applicable in a practical context of modern urban management.

The work involved the project of the referred to hierarchical structure in a very comprehensive way and its application to a case study (the city of Coimbra). Inclusion and practical test in the existing web SperoBox tool which, in an integrated manner, using Google Maps, provides multiple criteria analysis models for urban management and links to social networks. It is, thus, guaranteed computational support for a wide variety of real cases raised in the implementation of the work on the dissertation, where the practical applicability of the conceptual framework for the management of a variety of categories of urban infrastructure can be demonstrated.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE QUADROS	viii
ABREVIATURAS	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2 Motivação	2
1.3 Objectivos.....	3
1.4 Metodologias	4
1.5 Estrutura da Dissertação	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Gestão de Infra-Estruturas Urbanas.....	7
2.2 Inovação na Gestão de Infra-estruturas Urbanas - Projecto I^2	9
2.3 Cidades Inteligentes (<i>Smart Cities</i>).....	11
2.3.1 Adesão da Cidade de Coimbra à rede de Cidade Inteligentes.....	13
2.4 Participação Pública	15
2.5 Métodos de Apoio à Decisão.....	16
2.5.1 Soma Pesada.....	16
2.5.2 Método TOPSIS	17
3 Protótipo Sperobox.....	19
3.1 Utilidade e funcionalidades da ferramenta SperoBox	19
3.2 Interface do Protótipo	20
3.2.1 Botões de Busca	20
3.3 Selecção de Categoria / Subcategoria.....	23
3.4 Localização e Identificação de Publicações	24
3.5 Visualização de Publicação	26
3.6 Gestão das Publicações.....	28
3.7 Aplicação dos Métodos de Apoio à Decisão	29

3.8	Versões Móveis do Protótipo Sperobox	30
4	Sistema de Categorização	34
4.1	Estrutura Hierárquica.....	34
4.2	Flexibilidade da Estrutura Hierárquica.....	35
4.3	Categoria Infra-estruturas Urbanas.....	36
4.3.1	Rede de Águas	38
4.3.2	Redes Eléctricas.....	38
4.3.3	Redes de Gás	39
4.3.4	Saneamento.....	39
4.3.5	Taludes e Muros de Suporte	40
4.3.6	Mobiliário Urbano	41
4.3.7	Edificações.....	41
4.3.8	Infra-estruturas Rodoviárias	42
4.3.9	Transportes Urbanos Colectivos.....	43
4.3.10	Telecomunicações	44
4.4	Ambiente e Criminalidade.....	44
4.5	Ocorrências Relatadas	45
5	Caso de Estudo – Cidade de Coimbra	49
5.1	Análise de Prioridades de Intervenção – Categoria Pavimentos	49
5.1.1	Soma Pesada.....	50
5.1.2	TOPSIS.....	53
5.2	Análise de Prioridades de Intervenção – Categoria Passeios	57
5.2.1	Soma Pesada.....	57
5.2.2	TOPSIS.....	59
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Queda de parte de telhado na Sé Velha, Coimbra (Diário as Beiras@, 2014).	2
Figura 2.1 – Dimensões e critérios de gestão de Infra-estruturas (Adaptado de Arnold, 2008).	7
Figura 2.2 – Confinamento do domínio da solução pela restrição dos sectores ambiental/técnico, sócio/económico e jurídico/político (adaptado de Loucks, 2006).	8
Figura 2.3 – Principais motivadores para obter “Cidades Inteligentes” (adaptado de Alcatel-Lucent, 2012).....	12
Figura 2.4 – Mapa das cidades portuguesas pertencentes à rede nacional de Cidades Inteligentes (RENER@, 2014).	14
Figura 3.1 – Interface da plataforma do protótipo SperoBox (SPEROBOX@, 2014).	20
Figura 3.2 – Botões de utilização da aplicação (SPEROBOX@, 2014).	21
Figura 3.3 – Botão “Encontrar Notificações” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014).	21
Figura 3.4 – Botão “Minhas Notificações” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014). ..	22
Figura 3.5 – Botão “Métodos de Apoio à Decisão” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014).....	23
Figura 3.6 – Trajectos para a escolha da categoria ou subcategoria (SPEROBOX@, 2014). ..	24
Figura 3.7 – Localização de Ocorrências no Mapa (SPEROBOX@, 2014).	25
Figura 3.8 – Localização de ocorrências no mapa (SPEROBOX@, 2014).	26
Figura 3.9 – Visualização de uma ocorrência (SPEROBOX@, 2014).	27
Figura 3.10 – Tipos de Visualização das notificações (SPEROBOX@, 2014).	27
Figura 3.11 – Gestão das publicações (SPEROBOX@, 2014).	28
Figura 3.12 – Ajuste dos pesos dos atributos para aplicação dos métodos de apoio à decisão (SPEROBOX@, 2014).	29
Figura 3.13 – Pontuação atribuída a cada ocorrência e escala de prioridade de intervenção (SPEROBOX@, 2014).	30
Figura 3.14 – Interface para utilização da aplicação Sperobox (aplicação SPERO, 2014).....	31
Figura 3.15 – Interface para publicação de ocorrências (aplicação SPERO, 2014).	32
Figura 3.16 – Interface de localização e escolha da categoria da ocorrência (aplicação SPERO, 2014).....	32
Figura 3.17- Interface de visualização de ocorrências publicadas (aplicação SPERO, 2014). ..	33
Figura 4.1- Esquema de uma estrutura hierárquica flexível (adaptado de Rodrigues, 2012)...	35
Figura 4.2 – Estrutura hierárquica definida.	37
Figura 4.3 – Fuga de água na cidade de Coimbra.	38

Figura 4.4 – Ausência de lâmpada e fios de ligação expostos.	39
Figura 4.5 – Acumulação de lixo num sistema de drenagem.	40
Figura 4.6 – Pequeno desmoronamento de um talude.	40
Figura 4.7 – Pilarete torto à saída de uma passadeira.	41
Figura 4.8 – Edificação devoluta.	42
Figura 4.9 – Irregularidades no passeio e parque de estacionamento causadas pela raíz de uma árvore.	43
Figura 4.10 – Paragem de autocarro sem identificação.	44
Figura 4.11 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.	46
Figura 4.12 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.	47
Figura 4.13 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.	48
Figura 5.1 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Pavimentos”, primeiro conjunto de pesos).	50
Figura 5.2 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Pavimentos”, segundo conjunto de pesos).	52
Figura 5.3- Interface da aplicação do método Soma Pesada para a categoria “Pavimentos” ...	52
Figura 5.4 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “TOPSIS”, categoria “Pavimentos”, segundo conjunto de pesos).	55
Figura 5.5 – Interface da aplicação do método “TOPSIS” para a categoria “Pavimentos”.	56
Figura 5.6 – Interface da aplicação do método Soma Pesada para a categoria “Passeios”.	58
Figura 5.7 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Passeios”).	58
Figura 5.8 – Interface da aplicação do método TOPSIS para a categoria “Passeios”.	59
Figura 5.9 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “TOPSIS”, categoria “Passeios”).	60

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5.1 – Conjunto de pesos utilizados na análise da categoria “Pavimentos”.....	49
Quadro 5.2 – Matriz de Decisão Normalizada Soma Pesada.	50
Quadro 5.3 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 1ºconjunto de pesos.	51
Quadro 5.4 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.	51
Quadro 5.5 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 3º conjunto de pesos.	53
Quadro 5.6 – Matriz de Decisão Normalizada TOPSIS.....	54
Quadro 5.7 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 1ºconjunto de pesos.	54
Quadro 5.8 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.	55
Quadro 5.9 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.	57

ABREVIATURAS

DEC-FCTUC - Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

GPS – Global Position Systems

I² – The Infrastructure Innovation Partnership (Parceria Inovação de Infra-Estruturas)

IIMS – Integrated Infrastructure Management System (Sistema Integrado da Gestão de Infra-estruturas)

MAD – Métodos de Apoio à Decisão

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

SDSS – Spatial Decision Support System (Sistema Espacial de Apoio à Decisão)

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

Com o passar do tempo, o Homem ambiciona cada vez mais alcançar novas e melhores condições nas cidades onde habita, com melhores serviços e infra-estruturas.

A gestão de cidades modernas é uma temática que compreende diversas áreas de conhecimento, sendo a gestão de infra-estruturas a dominante, e que relaciona diversas matérias ligadas a áreas como a Engenharia Civil e Ambiente, Economia e Finanças, Administração Pública, Legislação, Ciências Políticas e Sociais, entre outras, que abrangem e estudam aspectos que tanto se situam à escala do colectivo como do individual.

Para se poder efectuar uma boa gestão de uma cidade é necessário compreender o seu funcionamento e a relação entre as infra-estruturas e as suas funções, por forma a ajudar na organização de todos os subsistemas existentes no sistema complexo que é a cidade.

Por forma a suportar a participação pública na gestão da cidade e suas infra-estruturas existe um sistema *web* de gestão urbana, o protótipo SperoBox, que usa em processos de decisão toda a informação gerada pelos cidadãos com vista a melhorar e solucionar problemas associados a qualquer tipo de infra-estrutura. Neste âmbito, estudou-se a construção de uma estrutura hierárquica que conjugue um conjunto muito abrangente de categorias e subcategorias, ou seja, que agrupe os diversos tipos de estruturas existentes nas cidades ou que possam ser encontradas na mesma, por forma a facilitar a introdução e análise de ocorrências no sistema por parte da população, estrutura essa que será incorporada no protótipo.

Esta aplicação tem como objectivo suportar de forma estruturada e documentada com fotos e valores dos atributos, todas as ocorrências em espaço público, para que a população possa contribuir para uma gestão eficiente da sua própria cidade.

1.2 Motivação

Todos os dias se lê na imprensa nacional notícias sobre acidentes urbanos, que causam feridos graves ou até mesmo a morte de cidadãos. Em muitos dos casos, as situações já foram reportadas por utilizadores habituais mas que nunca obtiveram nem solução, nem resposta por parte das entidades responsáveis. Casos como buracos existentes em passeios, ausência de tampas em caixas de serviço, entre outras, podem causar danos de diversas naturezas nos utilizadores das vias públicas, situações essas que podem ser prevenidas.

Através do protótipo SperoBox, é possível alertar as entidades responsáveis para situações/ocorrências que existem e que requerem atenção da sua parte, para um posterior tratamento ou resolução. Para uma melhor compreensão das situações que no dia-a-dia acontecem nas nossas cidades, torna-se importante referir exemplos reais que ocorrem frequentemente. Uma ocorrência recente que poderia ter sido prevenida foi a queda de parte de um telhado de um prédio na zona da Sé Velha, Coimbra, numa zona histórica da cidade, que caiu na via pública durante a hora de almoço, e provocando dois feridos (Jornal Diário as Beiras@, 2014). Apesar de ser uma zona de bastante movimento turístico, apenas duas pessoas foram atingidas pela queda, queda esta que afectou uma grande área da via pública, como se pode ver na Figura 1.1, o que poderia ter levado a um número superior de pessoas feridas e com maior gravidade.



Figura 1.1 – Queda de parte de telhado na Sé Velha, Coimbra (Diário as Beiras@, 2014).

Ainda na cidade de Coimbra, um exemplo mais antigo, é o caso de um cirurgião que caiu num buraco de um passeio, do qual obteve ferimentos graves que lhe causaram uma incapacidade permanente de 15%. Este caso remonta ao ano de 1997, mas foi recentemente lembrado

pelo facto de o cidadão ter colocado a câmara municipal em tribunal e ter-se declarado no final do ano de 2013 que a câmara era culpada, e que terá de pagar o montante de 115 mil euros ao lesado. Embora a câmara tenha provado que o buraco não era da responsabilidade de qualquer serviço da mesma, nem que a autarquia o tivesse autorizado a qualquer outra entidade privada, o tribunal entendeu que o município devia ter tomado as medidas necessárias na sinalização da anomalia, visto ser uma via municipal (Diário de Coimbra@, 2013). Este é um exemplo de uma situação, que causou danos irreversíveis ao utilizador da via como também uma grande despesa à autarquia.

Também recentemente, mas agora em Braga, ocorreu a queda de um muro que causou a morte a três estudantes, uma situação com consequências mais gravosas. Quanto ao estado do muro sabe-se que “a falta de segurança do muro era há muito comentada e já tinha motivado queixas de munícipes” (Jornal Público@, 2014).

Situações como as que foram citadas contribuem para o empenho no desenvolvimento deste tipo de aplicações que permitem ao utilizador comum das infra-estruturas urbanas, como por exemplo as estradas, parques de estacionamento, passeios, entre outros, possam reportar situações que podem ser melhoradas ou resolvidas, para um melhor funcionamento da cidade. Este sistema permite dar a conhecer não só situações que possam colocar a vida de pessoas em risco, que é a situação mais nefasta, mas também, mencionar situações que possam ser melhoradas, não só para os utilizadores como para a cidade. Em questões de gestão são conjugadas inúmeras áreas como a sustentabilidade, o ambiente, com o exemplo de fugas de água, que são prejudiciais ao ambiente e ao sistema económico da cidade, visto estarem implícitos nestas fugas gastos substanciais em energia.

Com o protótipo SperoBox também é posto em prática o conceito de Participação Pública, visto ser um tema que actualmente se encontra em voga, mas que dificilmente se encontra forma de colocar em prática. Desta forma, os utilizadores podem contribuir para uma gestão eficiente da sua cidade, como das estradas e dos passeios que utilizam, ou seja, em todo o tipo de infra-estruturas que se encontram numa cidade, chamando assim a atenção das entidades responsáveis e promovendo a participação pública. Outra das qualidades desta aplicação é permitir analisar o impacto social, pois várias pessoas têm em comum problemas com a mesma situação e podem seguir essa ocorrência dando-lhe assim ênfase, pois quanto mais seguidores a situação reportada tiver mais relevante é socialmente, mostrando assim a preocupação que a população tem com uma situação específica.

1.3 Objectivos

Com o presente trabalho pretende-se por em prática a aplicabilidade e utilidade do protótipo SperoBox, através do caso de estudo aplicado à cidade de Coimbra. Efectuando o registo e

relatando situações de risco existentes na cidade, permite compreender melhor o funcionamento das infra-estruturas e as respectivas anomalias, com o intuito de criar um sistema hierárquico de categorias e subcategorias o mais completo possível, para que assim qualquer utilizador da aplicação, ao fazer o relato de uma situação específica, a consiga “encaixar” numa das categorias ou subcategorias já existentes. É de salientar que esta categorização não é rígida, ou seja, pode crescer tanto horizontal como verticalmente, isto é, é possível adicionar novas categorias bem como subcategorias e seus componentes. Este aspecto é abordado novamente para uma melhor clarificação da flexibilidade do sistema no decorrer deste documento.

Também se pretende explicar a importância de um sistema de gestão deste formato, assim como explicar o seu funcionamento, tendo em conta o panorama actual, visto cada vez mais as pessoas pretenderem melhores condições de vida, como segurança, comodidade, acessibilidade entre outros. Posteriormente às publicações das ocorrências, o sistema permite a realização de uma análise multicritério, que ajuda agora os agentes decisores, permitindo-lhes analisar a gravidade das ocorrências. Em função da análise efectuada, o protótipo expressa uma ordem de prioridades para resolução das ocorrências.

1.4 Metodologias

Neste trabalho, também se pretende realizar uma análise multicritério através da utilização de alguns métodos de apoio à decisão (MAD), sendo estes a Soma Pesada, também conhecida por Soma Ponderada, e o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Estes métodos proporcionam uma ordenação de todas as alternativas em avaliação. A ordenação é estabelecida com base em funções de utilidade, que combinam o desempenho de cada alternativa em cada critério, com a importância desses critérios para a decisão final. O valor final dessas funções de utilidade pretendem corresponder a uma medida do desempenho global da alternativa (Coutinho-Rodrigues, 2012).

No subcapítulo 2.5 são explicados mais pormenorizadamente o funcionamento de cada método utilizado na análise dos problemas.

1.5 Estrutura da Dissertação

Para além do texto introdutório, presente capítulo, em que se explanam algumas considerações gerais e as motivações que originaram o presente trabalho, este é composto por mais 6 capítulos sendo os aspectos mais relevantes dos mesmos apresentados seguidamente.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica, em que se abordam aspectos relevantes para o tema desta dissertação, como a gestão de infra-estruturas urbanas e a participação

pública que são, neste contexto, os aspectos principais. Ainda dentro do mesmo capítulo explicam-se os métodos utilizados para uma análise multicritério de apoio à decisão.

O terceiro capítulo pretende explicar o funcionamento e as capacidades do protótipo SperoBox, assim como os principais objectivos do mesmo.

Quanto ao quarto capítulo, pretende-se mostrar o sistema hierárquico proposto, assim como referenciar de forma simplificada todos os relatórios de ocorrências realizadas.

No quinto capítulo, pretende-se fazer a análise das ocorrências reportadas na cidade de Coimbra e estudar duas categorias existentes no protótipo, sendo as que apresentam mais ocorrências publicadas. Após a escolha das categorias, realizou-se uma análise com os métodos de apoio à decisão também existentes no protótipo. Para um estudo da influência dos atributos existentes, fez-se uma variação na utilização dos pesos para cada critério. Com a realização desta análise obtém-se uma listagem de prioridades das ocorrências analisadas, facilitando assim a tomada de decisão dos agentes responsáveis.

O sexto capítulo é referente à conclusão, onde são apresentadas as percepções obtidas com o estudo, assim como eventuais desenvolvimentos futuros.

Por fim apresenta-se a lista de referências bibliográficas utilizadas para a realização da presente dissertação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo dos anos, o Homem teve a necessidade de melhorar o seu “habitat”, tentando assim criar metodologias que lhe permitam uma melhor gestão, organização e harmonização do seu ambiente, ou seja, as suas cidades. Sabe-se que metade da população mundial é urbana (será cerca de 60% em 2030), e nos países mais desenvolvidos cerca de 80%. Como tal, o planeamento, a gestão, a construção e manutenção das cidades são áreas onde a Engenharia Civil desempenha um papel determinante (Coutinho, 2008).

Sendo a cidade ou o meio urbano, o local idealizado pelo Homem para a sua realização e satisfação, é necessário que esta não se apresente como uma ameaça/perigo para quem nela habita, mas sim um lugar harmonioso e seguro. Quando se fala de segurança numa cidade, fala-se a vários níveis, não só em criminalidade e vandalismo, mas também em segurança na circulação automóvel, quando um peão circula num passeio e sente segurança em relação a tudo quanto o envolve, entre outros aspectos.

O Homem pretende também criar um meio economicamente sustentável. Por vezes, situações que se encontram em meio urbano, como é o exemplo de fugas de água, provocam perdas desnecessárias afectando conseqüentemente a economia local e o ambiente. Estes tipos de situações reflectem-se directamente em todos os habitantes do meio, que inconscientemente acabam por pagar a factura. Considerando este mesmo exemplo, na temática ambiental, e sendo a água um recurso natural, valioso, que necessita de ser salvaguardado e não esbanjado, este tipo de situações, pelo contrário provoca o seu desperdício com impacte directo a nível ambiental mas também económico, visto ser um bem para o qual são necessários elevados gastos energéticos para a sua exploração (Heinberg, 2010).

Neste capítulo faz-se uma compilação de temáticas que se prendem com a gestão urbanística e tendo em conta estes aspectos, procurou-se informação já estudada sobre o assunto, e assuntos directamente relacionados. Visto trata-se de um tema abrangido por várias temáticas e relativamente novo, tentou-se abordar um pouco de cada temática com que o tema se relaciona. Em termos do conceito do protótipo e das suas funcionalidades e capacidades como sistema de auxílio à gestão de infra-estruturas urbanas, abordam-se temas como a gestão de infra-estruturas, o novo conceito de cidades inteligentes, salienta-se o facto de a cidade de Coimbra ter assinado o acordo de cidades inteligentes recentemente. A participação pública e cidades sustentáveis, embora pareçam conceitos pouco interligados, em tudo se relacionam mutuamente e com o tema em estudo e seu desenvolvimento, sendo com esta conjugação de definições que se pretende obter bons resultados.

2.1 Gestão de Infra-Estruturas Urbanas

O termo gestão, deriva do italiano “*maneggiare*” (manusear) que é outro termo para a actividade de administrar grupos ou organizações humanas ou entidades com o objectivo de coordenar e realizar um ou vários objectivos. Quanto ao termo “infra-estrutura”, este tem origem no latim, de “*infra*” que significa abaixo de, juntamente com “*structura*” que significa uma construção que se sustenta e se mantém sólida. Assim o seu conjunto, significa que é o alicerce que dá firmeza a uma obra. No contexto da gestão urbana, são as instalações básicas e as suas respectivas capacidades, que são necessárias e essenciais para o funcionamento de uma economia nacional e de uma sociedade. Logo infra-estrutura urbana é uma parte importante de uma cidade, sendo que a gestão de todo o seu ciclo de vida, e desenvolvimento de políticas e capacidades de infra-estruturas urbanas inclui, o planeamento, a administração, o financiamento e a respectiva monitorização (Arnold, 2008).

Na Figura 2.1 apresenta-se um diagrama explicativo das diversas áreas que a gestão de infra-estruturas envolve para um bom funcionamento das mesmas. Com efeito, a gestão de infra-estruturas relaciona aspectos sociais e políticos. Desta feita, os utilizadores (aspecto social) necessitam de um acesso e uso apropriado a uma infra-estrutura, que seja funcional por forma a não os prejudicar. No que concerne à parte política, ela está relacionada com a entidade que gere a maioria das infra-estruturas, ou que tem o poder de gerir a área urbana, podendo intervir no caso de entidades privadas.

Para a gestão tem de se relacionar ainda as dimensões ambientais e económica visto que a economia é uma questão crucial de uma boa gestão, pois nenhum responsável pretende ter grandes gastos monetários; em contrapartida tem de ter em conta o impacto ambiental que a logo prazo também poderá originar uma despesa ainda maior.



Figura 2.1 – Dimensões e critérios de gestão de Infra-estruturas (Adaptado de Arnold, 2008).

Segundo o autor U. Arnold (2008), actual e futuramente, a gestão de infra-estruturas urbanas resume-se a:

- Combinar as actuais e futuras procuras de infra-estruturas urbanas;
- Garantir o uso económico, sustentável e equitativo de infra-estrutura (instalações e serviços);
- Conservação dos recursos disponíveis, especialmente os ambientais, e melhorar a eficiência dos mesmos;
- Estabelecer uma organização auto-sustentável e obter a participação das partes interessadas.

A gestão de infra-estruturas urbanas requer, cada vez mais, a conjugação de vários aspectos para o desenvolvimento e funcionamento das mesmas, sendo eles, a segurança, a eficiência económica, a sustentabilidade, compatibilidade e equidade, o que vários autores concordam, que se trata de uma tarefa bastante complexa. Esta complexidade deve-se essencialmente à grande disparidade que existe entre os aspectos supra mencionados.

Como se observa na Figura 2.2, a procura da solução óptima depende da inter-relação entre três áreas principais da gestão urbana, sendo estes os sectores social/económico, o sector político e o sector ambiental. Com a conjugação dos vários sectores obtém-se assim a solução óptima (Loucks, 2006).



Figura 2.2 – Confinamento do domínio da solução pela restrição dos sectores ambiental/técnico, sócio/económico e jurídico/político (adaptado de Loucks, 2006).

Tem-se assim consciência de que o desafio que é a gestão de infra-estruturas urbanas, requer o conhecimento e habilitações específicas de gestão de cidades, requer a coordenação de diversas áreas desde da Engenharia, passando pela Economia até à Sociologia.

Um aspecto ainda não mencionado, mas não menos importante, é o facto de a gestão de infra-estruturas nem sempre ser da responsabilidade da mesma entidade, pois tanto pode ser da responsabilidade de entidades públicas como de privadas, o que por vezes, dificulta as decisões devido ao conflito de interesses das partes envolvidas.

2.2 Inovação na Gestão de Infra-estruturas Urbanas - Projecto I²

Existem algumas iniciativas de tentar colocar em prática esta temática da gestão urbana com participação pública. É o caso do projecto I² (Parceria Inovação de Infra-Estruturas), que é um programa que permite divulgar novos conhecimentos, para um melhor desempenho de infra-estruturas. O principal objectivo do conceito, foi transformar-se numa nova ferramenta de gestão do sistema de infra-estruturas. Inicialmente concebido por funcionários da cidade de Indianapolis (capital do estado Norte Americano de Indiana, no Condado de Marion) o conceito foi desenvolvido no âmbito de um sistema de gestão e apoio à decisão e que proporcionou decisões responsáveis, baseadas em informações significativas sobre o estado e desempenho do sistema, e também dos meios para explorar futuras procuras. Para tal, utiliza o IIMS (*Integrated Infrastructure Management System*) como ferramenta de gestão, que aplica tecnologias avançadas de recolha e gestão de informação, para fornecer dados mais precisos e eficazes na tomada de decisão. Este sistema combina inventário, avaliação do estado, modelação predial, o cenário de desenvolvimento e as capacidades de acesso a informações de fácil utilização (Lemer, 1997). Tal recurso será posteriormente utilizado, para apoio à decisão, quer dos governos municipais e regionais, quer de entidades privadas, para assim se obter o desempenho eficaz das infra-estruturas urbanas.

Uma das componentes principais do IIMS, é o IBS (*Infrastructure Balance Sheet – Folha de Balanço*), pois visa dar aos decisores uma avaliação realista do valor da infra-estrutura. O IBS representa a infra-estrutura como os activos e passivos de uma região, conseguindo assim avaliá-la.

- **Principais Objectivos do IIMS E I² e seus intervenientes**

Segundo os autores Andrew Lemer e Jeff Wright (1997), é possível melhorar o desempenho das infra-estruturas a longo prazo, através da investigação e inovação, podendo alterar o modo de funcionamento da mesma, procurando esta parceria, superar os obstáculos de uma gestão eficaz. Os autores começam por identificar o tipo de intervenientes, agrupando-os em quatro categorias principais, sendo estas, os Presidentes de Câmara, seguido das empresas, dos cidadãos em geral e por fim, os responsáveis pelos departamentos que gerem os projectos das respectivas infra-estruturas.

A gestão de infra-estruturas pretende obter um bom retorno por parte do público-alvo, embora os maiores cuidados recaiam sobre aspectos económico-financeiros. Mas há muito mais para

além disso, como o carácter social, ambiental, estético e o seu valor patrimonial conforme a infra-estrutura. Segundo o autor J. Burkhardt (1994), existem quatro tipos de abordagens principais para determinar o valor económico, que são:

- Histórico dos gastos;
- Custos de substituição actual, valor actual equivalente;
- Produtividade;
- Valor do bem transmitido para o serviço que presta, em concreto, o valor real da infra-estrutura encontra-se nos serviços que presta e no apoio que dá a outras actividades socioeconómicas.

- **Desgaste da Infra-estrutura**

O comum uso e o progressivo envelhecimento das infra-estruturas e dos respectivos materiais, conduz a uma gradual deterioração da capacidade da infra-estrutura. Assim ocorre uma perda na qualidade do seu desempenho, sendo que é natural isto ocorrer, mas pode ser influenciado pelas características dos materiais escolhidos.

Uma infra-estrutura também se pode tornar obsoleta, quando ocorrem mudanças nas necessidades e expectativas. Um exemplo de fácil percepção, é o que acontece com infra-estruturas rodoviárias, onde o aparecimento progressivo de automóveis cada vez mais pesados causou um aumento das cargas que os pavimentos e pontes esperavam suportar. Essas mudanças fizeram com que a estrutura se tornasse obsoleta, uma vez que não cumpre com os requisitos de segurança actuais. Com o passar do tempo, e a alteração da procura, algumas infra-estruturas tornam-se obsoletas, ou seja, a mesma continua funcional, mas ultrapassada em determinados requisitos, causando assim a perda do valor de uso da mesma (Grant, 1993).

- **Financiamento de Infra-estruturas**

Quando se fala de gestão de infra-estruturas, o primeiro senão é o financiamento, pois a manutenção das mesmas está associada a gastos e é possível que esses mesmos gastos caiam sucessivamente na mesma tipologia de ocorrências. Por vezes são fundos que devem ser gastos para manter instalações a um nível mínimo, de forma a que, não haja falhas estruturais, ou risco extremo de segurança. Mas, mesmo nessas situações, pode ser ineficazmente gasto, pois a manutenção aumenta em muito os custos totais associados ao ciclo de vida da infra-estrutura. Logo, é necessário definir níveis gerais de gastos, sendo que se está a abordar um tema directamente relacionado com os agentes decisores e não com os utilizadores (Wright, 1997).

Do exposto, percebe-se que o assunto não é de fácil consenso, pois os utilizadores apenas apreciam o desempenho da função da estrutura, já os seus responsáveis tentam um equilíbrio entre o seu desempenho e todos os custos associados ao seu bom funcionamento, que na

maioria das vezes se prende com gastos excessivos em manutenção, havendo assim infra-estruturas deixadas um pouco no esquecimento.

2.3 Cidades Inteligentes (*Smart Cities*)

A necessidade de criar novos conceitos prende-se com novas necessidades advindas de novos tempos. É exemplo disso, o conceito de Cidades Inteligentes, conceito que surge muito como consequência das mudanças que ocorreram no planeta, como o crescimento urbano, o aquecimento global, o envelhecimento da população entre outros aspectos. A definição de Cidade Inteligente não é consensual, mas segundo a empresa de telecomunicações Alcatel-Lucent (2012) a definição que melhor se enquadra é “a utilização de tecnologias e de infra-estruturas de redes para assim melhorar a eficiência económica e política e permitir um desenvolvimento social, cultural e urbano”.

A Alcatel-Lucent (2011), empresa com grande investimento na área das Cidades Inteligentes, realizou um estudo em 52 cidades inteligentes, concluindo que as TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação) não são o fundamental para um bom funcionamento dos serviços, mas sim uma forma que facilita os objectivos principais, sendo estes:

- Uma melhor comunicação e desempenho do serviço público e privado;
- Na educação, para melhorar a qualidade, a acessibilidade e reduzir os custos;
- Na saúde, aumentando a rapidez dos diagnósticos e proporcionar cuidados preventivos de forma a se tornar mais eficaz em termos de custos;
- Na segurança pública, através da utilização da informação em tempo real, antecipar a resposta rápida a emergências e ameaças;
- No sector imobiliário, para reduzir os custos operacionais, eficiência energética e melhorar as taxas de ocupação;
- Nos transportes, para reduzir o congestionamento no tráfego e assim incentivar a utilização do transporte público, cativando a população através de viagens seguras e eficientes.

Este novo conceito, parte da conjugação de vários motivos, nomeadamente, a necessidade de construir ou inventar um novo modelo económico, a necessidade (desejo) de reduzir o consumo de energia (incentivar a eco-sustentabilidade) e melhorar a qualidade de vida (incentivo social). A empresa Alcatel-Lucent revelou, no seu projecto de cidades inteligentes, que estes podem ser os principais aspectos motivadores, mas que diferentes projectos podem levar à conjugação de outros motivos. Na Figura 2.3, encontra-se um gráfico explicativo daquilo que se pretende obter com a junção destes vários conceitos, que resultam na definição de cidade inteligente.



Figura 2.3 – Principais motivadores para obter “Cidades Inteligentes” (adaptado de Alcatel-Lucent, 2012).

- **Sistemas Inteligentes de Gestão Urbana**

O contexto de mudança em que a sociedade se encontra, coloca um novo desafio sobre todos aqueles que estão envolvidos na gestão e desenvolvimento urbano e regional. Com este aspecto, pretende-se uma mudança de atitude e compreensão no desenvolvimento urbano, acompanhado de um crescimento urbano, coordenado com o planeamento e um aumento de participação nesse mesmo processo, obter uma igualdade de acesso a serviços como educação e saúde, assim como sistema de planeamento e prestação de serviços (Tan Yogitcanlar, 2008). Pretende-se também um fortalecimento da prestação de serviços de gestão urbana coordenados entre os fornecedores e a procura existente, através da monitorização e avaliação efectuada do desenvolvimento, considerando todos os custos do crescimento urbano, como o financiamento, o aspecto social e ambiental, trazendo assim total transparência para o sistema de gestão.

- **Sistemas de Apoio à Gestão Urbana**

Um sistema de apoio à gestão urbana bem sucedida requer uma abordagem integrada por parte dos governantes. Essa integração inclui áreas como a economia, sócio-cultural e desenvolvimento urbano, para um mecanismo de ajuda de decisão transparente, aberto e bem coordenado. Esse mecanismo de tomada de decisão, só poderá ser alcançado com a participação de muita população e das partes interessadas (Severine Mayere, 2008).

Como estamos na era da informação, para incentivar uma ampla participação administrativa urbana, começa-se a beneficiar das oportunidades das plataformas *web*, que fornecem uma plataforma *online* para o público e para as partes interessadas. Participação e colaboração de técnicos, nem sempre é suficiente para obter a decisão mais apropriada e correta, sendo a ajuda e opinião dos utilizadores, também importante. Para tal, e com recurso à ferramenta SperoBox, permite colocar em prática a participação pública na ajuda da gestão de infra-estruturas urbanas.

O acesso a informação precisa e em tempo real desempenha um grande papel. Já não se pode ter uma gestão urbana estática. Agora, o planeamento urbano é um processo dinâmico, logo, adoptar sistemas democráticos pode potenciar uma gestão dinâmica e um sistema de gestão urbana inteligente e assim, obter bons exemplos (AuYeung, 2008).

2.3.1 Adesão da Cidade de Coimbra à rede de Cidade Inteligentes

A criação da rede “*Smart Cities Portugal*” tem como objectivo promover o desenvolvimento e produção de soluções urbanas inovadoras, de forma integrada, com vista à estruturação da oferta e da sua valorização no mercado das cidades inteligentes, tornando a imagem de Portugal como espaço de concepção, produção e experimentação de produtos e serviços para *Smart Cities* (Inteli@, 2014).

O mercado das cidades inteligentes exige uma grande cooperação multidisciplinar e capacidade de integração de soluções e sistemas, nomeadamente nas áreas das redes de energia, mobilidade e tecnologias de informação (TIC). Em Portugal existem condições favoráveis à afirmação das empresas e cidades portuguesas nesse mercado, são exemplos a Rede RENER-Livig Lab para a Inovação Urbana, grupos de empresas com capacidades para desenvolvimento de soluções urbanas inovadoras, e universidades e centros de investigação com competências nas áreas chave do mercado das cidades inteligentes. No entanto existem algumas falhas, como o défice de conhecimento do mercado de cidades inteligentes, nomeadamente em termos de modelos de governação, sistemas de financiamento e modelos de negócio, e também a necessidade da cooperação inter-empresas e da integração da oferta nacional com vista à sua valorização no mercado internacional (Smartcitiesportugal@, 2014).

São 25 as cidades portuguesas que, no dia 5 de Maio de 2014, formalizaram a constituição da Rede Nacional de Cidades Inteligentes, este pretende ser um laboratório de soluções inovadoras para a vida urbana. São projectos que, para além da mobilidade, procuram soluções tecnológicas inovadoras para áreas como energia, ambiente, governação, inovação social, segurança, turismo, cultura, entre outras.

Para o índice de Cidades Inteligentes, foram identificadas um conjunto de boas práticas municipais nas cidades da Rede RENER- Living Lab para a Inovação Urbana. Estes projectos de referência em matéria de inteligência urbana, abrangem as diversas dimensões de análise:

governança, inovação, sustentabilidade, inclusão e conectividade (RENER@, 2014). Para além dos municípios que se encontram em lugar de destaque no índice de Cidades Inteligentes, todas apresentam experiências inovadoras e com capacidade de replicação noutros municípios ou regiões, quer a nível nacional quer internacional. No mapa da Figura 2.4, encontram-se as cidades que pertencem à rede nacional de Cidades Inteligentes, e que pertencem automaticamente ao índice de Cidades Inteligentes, que por seu lado fornece através de vários indicadores, o posicionamento dos vários centros urbanos nas diversas áreas, sendo elas: a inovação, através da competitividade, economia verde, criativa e social; Sustentabilidade como a biodiversidade e ecologia, ar e emissões, mobilidade, água e resíduos, energia; Conectividades, usufruindo das vantagens das TIC; Inclusão, através da coesão social, diversidade cultural, empreendedorismo e inovação social; E por último na Governança, promovendo a participação pública, serviços públicos, transparência e políticas urbanas.

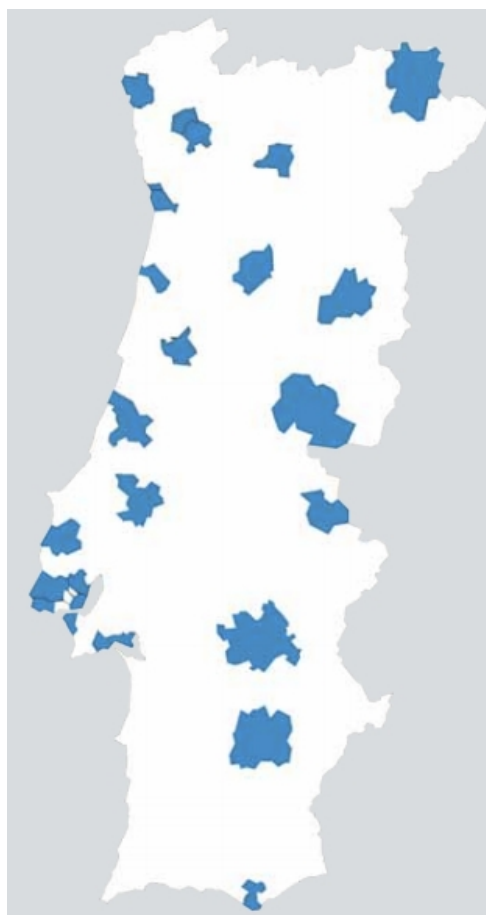


Figura 2.4 – Mapa das cidades portuguesas pertencentes à rede nacional de Cidades Inteligentes (RENER@, 2014).

Quanto à cidade de Coimbra em concreto, esta encontra-se referida neste índice através de duas iniciativas, uma na área da sustentabilidade e outra na área da conexão. No ramo da sustentabilidade foi apresentado o projecto “Telegestão de Água”, pela empresa de águas de

Coimbra, que implementou em 2007 uma solução tecnológica que permite modernizar e melhorar a qualidade do serviço de distribuição e abastecimento de água. Esta solução assegura uma verificação regular e sofisticada da rede. Têm vindo a ser postas em prática algumas medidas como a substituição de contadores, a organização de inspecções regulares, a implementação de um sistema de gestão de abastecimento em termos de pressão e a sectorização da rede de distribuição de água, que facilita o conhecimento da distribuição espacial das perdas reais e a sua quantificação. Foram implementados novos sistemas, nomeadamente a “Telecontagem”, para grandes e pequenos clientes, assegurando a monitorização permanente de caudais, pressões, níveis e qualidade da água em pontos estratégicos da rede de distribuição (RENER@, 2014).

Na área da conectividade, o Turismo de Coimbra lançou uma aplicação “Via Monumenta Coimbra”, que consiste num produto que agrega o turismo e a tecnologia através de uma aplicação tecnológica para smartphones. Esta aplicação é uma solução dinâmica que confere visibilidade à cidade, disponibilizando ferramentas de navegação sobre cultura e património, turismo, lazer e diversão. A aplicação foi pensada para oferecer conteúdos fotográficos de excelência e multimédia de alta qualidade e, especialmente, conteúdos executados por equipas de investigadores, arqueólogos e historiadores. Podem ser observadas mais de 2500 fotografias, bem como mapas de localização e identificação de locais de interesse através do GPS. De forma prática e simples, apenas com um toque, podem ser colocados marcadores nos locais favoritos que permitem personalizar e aceder aos locais seleccionados individualmente. O utilizador pode contar com rapidez e inovação, com uma visão global sobre a cidade a visitar, sem que para isso seja necessário recorrer à internet. A crescente procura por conteúdos de carácter histórico/cultural e, conseqüentemente, turísticos sobre a cidade faz desta aplicação uma mais-valia para a boa comunicação do município. Aplicação é gratuita e pode ser descarregada na versão portuguesa, inglesa ou castelhana (RENER@, 2014).

2.4 Participação Pública

Para um bom funcionamento da gestão urbana, e conseqüentemente das infra-estruturas, é necessário uma boa participação pública. Esta, consiste no envolvimento de indivíduos ou grupos afectados de alguma forma por ocorrências que encontram no seu dia-a-dia, que está sujeita a um processo de avaliação associado, na qual estão interessados. Este aspecto é importante para a gestão e tem como principal objectivo reunir dados, discutir melhorias e informar as pessoas ou grupos envolvidos, para que juntos possam decidir o que realmente fazer, por forma a que todas as partes envolvidas saiam beneficiadas.

Devido à globalização a democracia encontra-se a enfrentar uma crise, no entanto, a participação em redes sociais como *blogs*, *Facebook*, *Twitter* entre outros, e a utilização de dispositivos de comunicação móvel, tornam-se numa ajuda a várias instituições que encontram uma maneira de organizar web debates com a sociedade civil (one-europe@,

2014). A democracia encontra-se em mudança e desenvolvimento e através da participação e das iniciativas dos cidadãos, estas estão a desempenhar um papel cada vez mais importante na sociedade moderna. Pode-se observar assim uma diferença entre a democracia participativa e a tradicional democracia representativa sendo que, a participativa tenta criar oportunidades para que toda a população possa fazer contribuições significativas para as decisões tomadas (ipts@, 2014).

O protótipo utilizado nesta dissertação, é uma forma de colocar em prática o conceito de participação pública, visto dar a voz aos utilizadores regulares das infra-estruturas e estes poderem dar a sua opinião sobre o estado e o serviço prestado pela mesma, como ajuda dos agentes decisores a tomar melhores opções, obtendo-se assim melhores resultados e desempenhos.

Por vezes só o utilizador comum é que consegue aperceber-se de que o desempenho de uma infra-estrutura ou até mesmo de um serviço, não está a ser o devido. Esta poderá não estar a desempenhar a sua função convenientemente, podendo assim o utilizador através da participação da ocorrência, proporcionar o estudo e resolução do problema, visto que muitas das vezes as soluções podem ser simples e nem sempre implicam gastos elevados. Para tal o utilizador, poderá recorrer a uma plataforma do tipo do protótipo, que lhe permite relatar/informar de situações que necessitam de atenção por partes das entidades responsáveis.

2.5 Métodos de Apoio à Decisão

Um dos aspectos principais do protótipo utilizado é possuir sistemas que possibilitam uma análise multicritério, que permite facilitar aos responsáveis e/ou agentes decisores a percepção do impacto que determinada ocorrência provoca, isto é, os MAD permitem ordenar as ocorrências existentes por ordem de intervenção. No caso das ocorrências alojadas no protótipo, ficam ordenadas por ordem de intervenção prioritária. Para tal, são utilizados os métodos de análise multicritério descritos seguidamente.

2.5.1 Soma Pesada

Este método como o próprio nome indica, faz uma soma ponderada dos vários critérios, obtendo-se um único valor pesado para cada alternativa. Trata-se de um método compensatório, como o próprio nome o indica. Neste método é obrigatório que todos os valores da matriz de decisão sejam numéricos e se encontrem todos na mesma escala, ou seja, normalizados (Coutinho-Rodrigues, 2012). Este método resume-se a três passos que são:

1º Passo – Normalização da Matriz de Decisão;

2º Passo – Atribuição de pesos a cada Alternativa, em que w_k se refere ao peso atribuído a cada alternativa (x_{jk});

3º Passo – Somatório dos produtos

$$S_j = \sum_{k=1}^n x_{jk} \times w_k \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

Tendo-se m alternativas que se pretendem avaliar segundo n critérios, para se obter para cada alternativa j um valor S_j através de uma soma pesada (Equação 1). Quanto mais elevado o valor de S_j mais preferível será a alternativa. No caso do protótipo será a alternativa prioritária, aquela que necessita de atenção imediata.

Como todos os métodos também este apresenta limitações. Uma das limitações é a influência dos pesos, visto que o valor dos pesos podem ser determinados com alguma imprecisão, assim como a sensibilidade que permite avaliar quanto mais importante é um critério relativamente a outro, levando também isso a pesos com pouco precisão.

2.5.2 Método TOPSIS

Este método é baseado em pontos de referência usando na análise pontos que não correspondem a alternativas reais, de modo a poder comparar com eles as alternativas reais.

Define uma solução ideal (A^+ , composta pelos melhores valores de cada critério) e uma solução anti-ideal (A^- , composta pelos piores valores de cada critério), e calcula a distância de cada alternativa a essas referências (Coutinho-Rodrigues, 2012). Este método resume-se nos seguintes seis passos:

1º Passo – Normalização da Matriz de Decisão, usando a normalização vectorial, que tem como objectivo, obter valores adimensionais, para serem comparáveis;

2º Passo – Cálculo da Matriz de Decisão pesada e normalizada, esta é calculada multiplicando todos os elementos de cada coluna j da matriz (R corresponde ao critério) pelo respectivo w_j , que corresponde ao peso atribuído a cada critério (ver Equação (2)).

$$V = R \times W \quad (2)$$

3º Passo – Determinação das soluções ideal e anti-ideal, em que tendo em conta os critérios de custo e benefício, a solução A^+ é o máximo dos benefícios e o mínimo dos custos, é a solução A^- é o inverso, em que v_{ij} corresponde ao critério pesado;

$$A^+ = \{(max v_{ij} | j \in J, (min v_{ij} | j \in J') \quad i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\} \quad (3)$$

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in J, (max v_{ij} | j \in J') \quad i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (4)$$

4º Passo – Cálculo das medidas de separação, trata-se da distância Euclidiana, a cada solução ideal e anti-ideal é dada por S_i^+ e S_i^- , respectivamente:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

5º Passo – Cálculo da proximidade relativa à solução ideal, ou seja, uma alternativa A_i está mais próxima de A^+ quanto mais próxima da unidade estiver T_i ;

$$T_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad 0 < T_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

Se $T_i=1$ então $A_i = A^+$ e se $T_i=0$ então $A_i = A^-$.

6º Passo – Ordenação por ordem de preferência, que está de acordo com a ordem decrescente dos valores obtidos no passo anterior (T_i).

3 PROTÓTIPO SPEROBOX

O protótipo SperoBox é uma plataforma *on-line* de participação pública que integra um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SDSS). É um protótipo criado pela INESC-Coimbra.

3.1 Utilidade e funcionalidades da ferramenta SperoBox

Com a utilização desta plataforma o cidadão pode relatar, adicionar fotografias, assim como obter seguidores nas suas publicações e também seguir outros utilizadores e as respectivas publicações, aquelas que principalmente lhe interessa. Para tal, basta que o utilizador entre na aplicação através de um *browser* de Internet e crie uma conta ou utilize a sua conta da aplicação *Facebook*. Desta forma a população pode contribuir para uma gestão eficaz da sua cidade, das estradas que utiliza, da paisagem que a rodeia, como ameaças à natureza entre outros aspectos, tentando assim chamar à atenção dos agentes responsáveis.

Através do SDSS, o servidor *web* permite aos cidadãos reportar ocorrências no espaço público e fornecer métodos para os responsáveis classificarem essas ocorrências para uma posterior tomada de decisão, usando o *GoogleMaps*, redes sociais e metodologias de pesquisa operacional, tais como análise multicritério. Este sistema é versátil e pode ser adaptado a diferentes contextos além da gestão de infra-estruturas, como ambiente, criminalidade entre outros.

O protótipo combina tecnologias já existentes com metodologias de ponta como se apresentado nos pontos seguintes:

- Representação espacial através do *GoogleMaps*;
- Categorias e subcategorias hierárquicas para a base de dados das ocorrências com os respectivos atributos;
- Hiperligação para o *Facebook* que permite rastrear seguidores e ocorrências;
- Número de seguidores pode ser usado como representação de um critério (importância social);
- Uma base de métodos de apoio à decisão;
- A análise pode ser efectuada a nível de uma categoria ou subcategoria;
- Apresenta resultados na forma de lista ordenada de ocorrências e no mapa aparecem alfinetes com um código de cores, que corresponde a prioridades obtidas com os métodos de apoio à decisão.

Esta aplicação foi concebida a pensar na gestão de infra-estruturas em áreas específicas, tais como estradas, redes de abastecimento de água, edifícios, iluminação pública entre muitas outras, descritas no capítulo seguinte.

3.2 Interface do Protótipo

Após o utilizador realizar *login* com a sua conta obtém uma interface da aplicação como a que se pode ver na Figura 3.1, onde encontra do seu lado esquerdo o número de casos relatados, assim como também, o número de utilizadores que o seguem e os seus seguidores. No lado direito encontra três botões, um que mostra todas as ocorrências relatadas, outro botão que mostra os casos introduzidos pelo utilizador, e outro botão que dá acesso ao sistema de apoio à decisão.

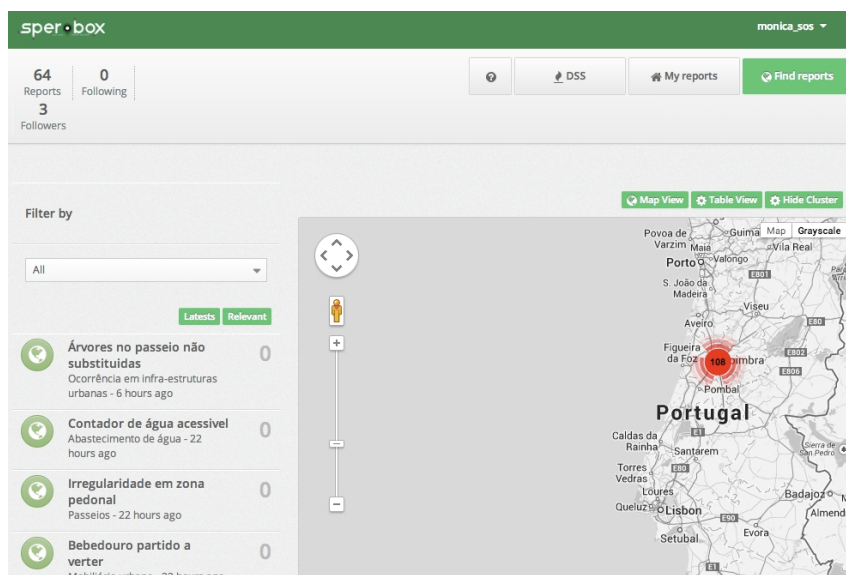


Figura 3.1 – Interface da plataforma do protótipo SperoBox (SPEROBOX@, 2014).

No restante espaço da interface pode-se observar as ocorrências e os seus seguidores, podendo aparecer todas as existentes, como podem ser filtradas por categoria ou subcategoria. Também se pode observar o mapa com as correspondentes ocorrências que podem ser verificadas através do alfinete existente no mapa de ocorrências.

3.2.1 Botões de Busca

Como já foi mencionado, existem três botões disponíveis para os utilizadores da aplicação, sendo eles, o botão de “encontrar notificações”, “minhas notificações” e “sistema de apoio à decisão”, na Figura 3.2 encontra-se a sua localização na interface. O botão “encontrar notificações” permite ao utilizador ver todas as notificações publicadas por todos os utilizadores, assim como o número dos respectivos seguidores, permitindo também visualizar qualquer relatório específico (localização, detalhes, fotografias e seguidores). No botão

“minhas notificações” são apresentadas todas as entradas e seguidores de cada utilizador, permitindo também editar a localização, detalhes, fotos, publicar e apagar, e gerir os seguidores. Quanto ao botão “sistemas de apoio à decisão”, permite a entrada de parâmetros e executar o método de apoio à decisão escolhido, este botão destina-se principalmente a administradores, responsáveis ou gestores de infra-estruturas.

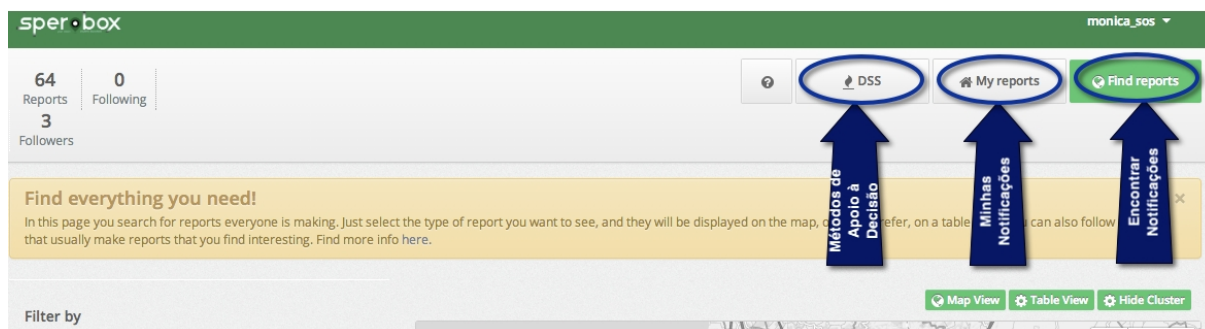


Figura 3.2 – Botões de utilização da aplicação (SPEROBOX@, 2014).

- **Botão “Encontrar Notificações”**

Na Figura 3.3 são apresentadas todas as funcionalidades que o utilizador encontra à sua disposição quando utiliza esse botão, que essencialmente é encontrar todo o tipo de publicações que foram publicadas por todos os utilizadores, ou filtradas através da escolha de uma categoria ou subcategoria.

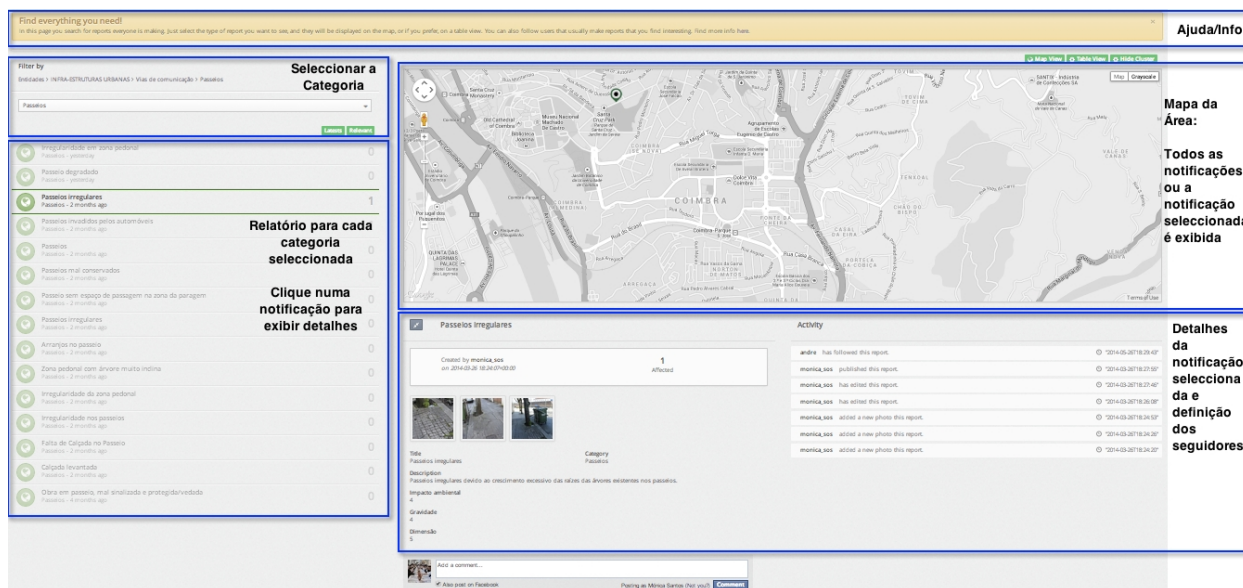


Figura 3.3 – Botão “Encontrar Notificações” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014).

- **Botão “Minhas Notificações”**

Neste botão o utilizador pode gerir as suas publicações. Na Figura 3.4 observa-se a disposição das potencialidades do protótipo neste local, que é um dos principais para os utilizadores, pois é aqui que colocam as publicações/ocorrências que querem ver melhoradas.

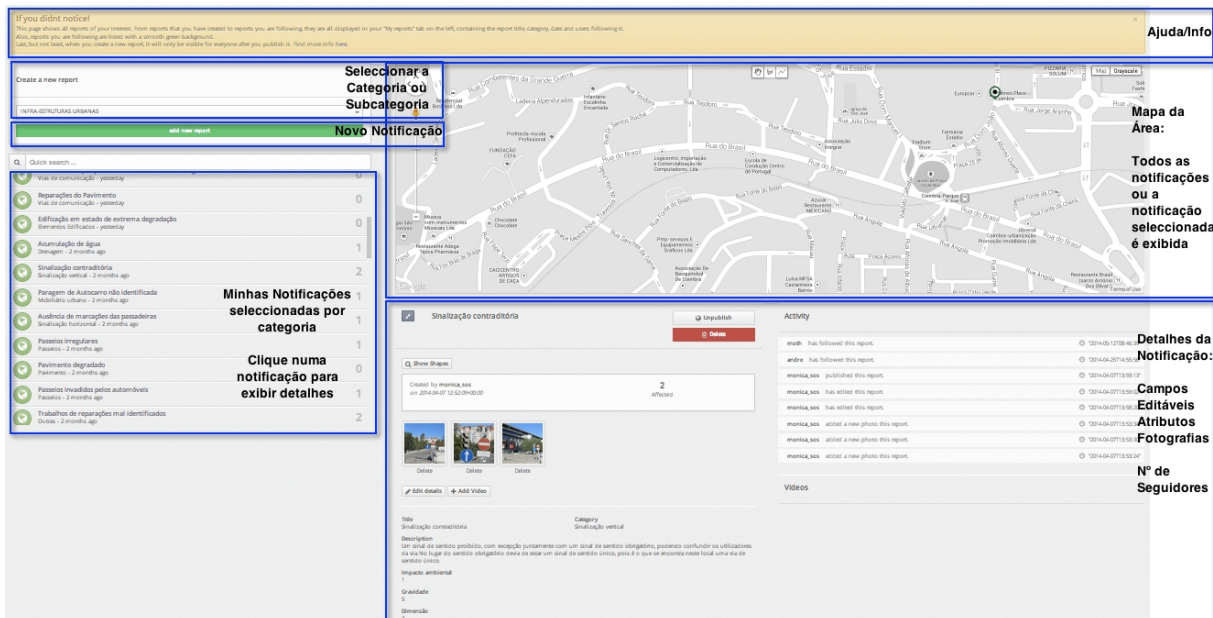


Figura 3.4 – Botão “Minhas Notificações” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014).

- **Botão “Sistemas de Apoio à Decisão”**

Nesta secção da plataforma, o utilizador tem à sua disposição métodos de apoio à decisão, que permitem ordenar, de acordo com o resultado da aplicação dos MAD, as ocorrências seleccionadas, e observar uma lista de notificações ordenada por ordem de prioridade atribuída na análise. Esta secção é direccionada principalmente aos agentes decisores, pois permite-lhes ordenar por ordem de prioridade atribuída na análise segundo cada categoria seleccionada, conseguindo assim ter uma lista de prioridades de intervenção para as ocorrências publicadas.

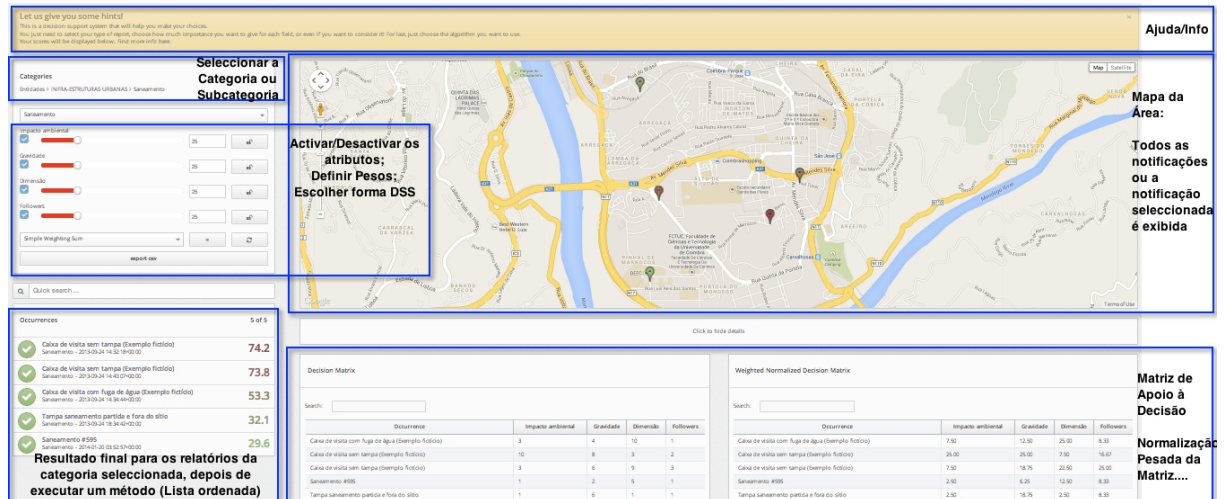


Figura 3.5 – Botão “Métodos de Apoio à Decisão” e suas funcionalidades (SPEROBOX@, 2014).

3.3 Selecção de Categoria / Subcategoria

Para uma boa organização da informação, o sistema possui categorias e subcategorias pré-definidas na plataforma, embora esta estrutura seja completamente flexível, podendo crescer vertical ou horizontalmente. Este aspecto será explicado no capítulo seguinte, onde será também explicado o sistema hierárquico de categorização inserido no protótipo.

Para reportar uma situação o utilizador tem duas opções de escolha de uma categoria ou subcategoria no sistema:

- Opção A - Selecção directa de uma categoria/subcategoria, em que o utilizador pode escrever alguns caracteres de uma categoria ou subcategoria de qualquer nível ou então seleccionar directamente uma opção na lista;
- Opção B - o utilizador pode navegar na hierarquia existente, seleccionando uma categoria no menu, de seguida é mostrado se essa categoria tem subcategorias e o utilizador pode seleccionar uma dessas subcategorias. Se existir um nível ainda mais abaixo os respectivos itens são mostrados e pode ser seleccionado um deles. Enquanto o utilizador procura uma categoria ou subcategoria para colocar a sua notificação, este processo é-lhe mostrado apresentando o trajecto completo na hierarquia até à opção seleccionada.

Na Figura 3.6 encontra-se a interface que o utilizador encontra para este fim.

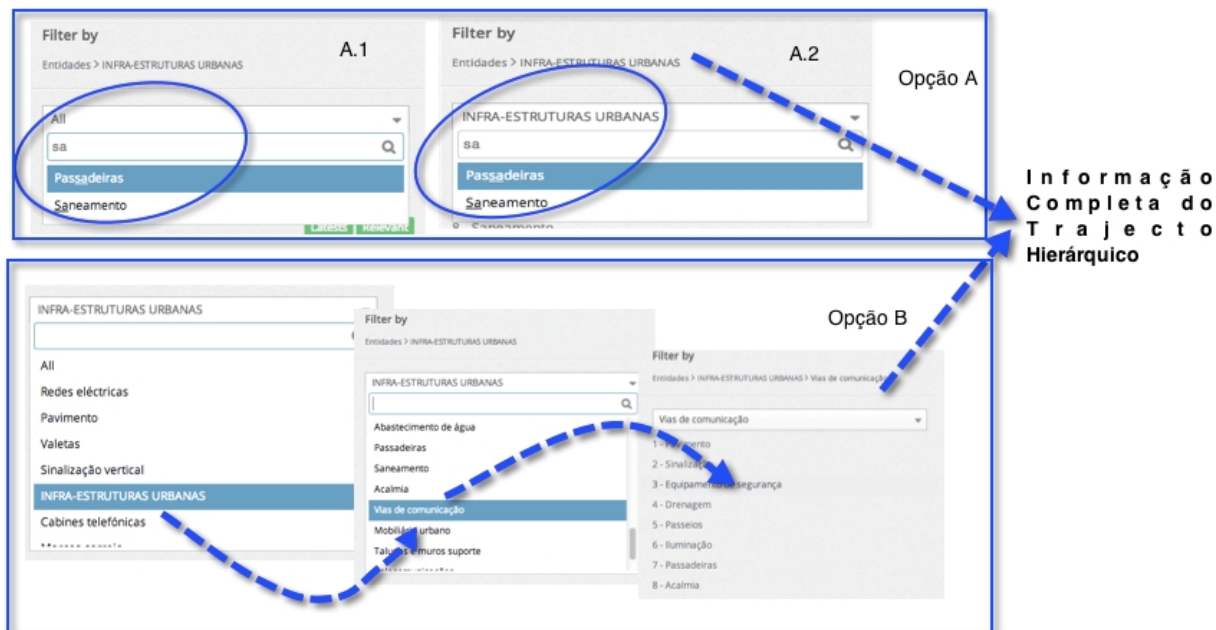


Figura 3.6 – Trajectos para a escolha da categoria ou subcategoria (SPEROBOX@, 2014).

3.4 Localização e Identificação de Publicações

Através da observação do mapa, encontram-se evidenciadas zonas de maior ou menor incidência de ocorrências, encontrando-se representadas pelo número de ocorrências e com a aproximação vão-se subdividindo. Aparecem aglomeradas em tons de vermelho quando se trata de um número muito grande de notificações, em tons de amarelo um número intermédio e azul quando se refere a um número pequeno de ocorrências, até se chegar individualmente a cada ocorrência. Nessa altura cada notificação encontra-se identificada com um “alfinete” no mapa (ver Figura 3.7).

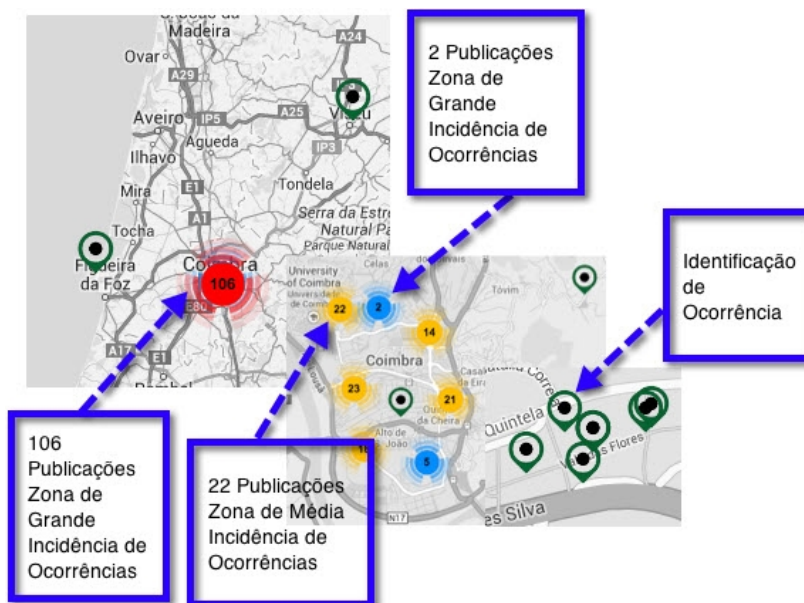


Figura 3.7 – Localização de Ocorrências no Mapa (SPEROBOX@, 2014).

Todas as ocorrências podem ser também consultadas em forma de tabela. O utilizador pode escolher a vista em mapa ou em tabela, disponível em dois botões existentes na zona central da interface.

Também nesta interface de “encontrar ocorrências”, os utilizadores podem ver as fotografias adicionadas de cada situação, podem ver a descrição feita por quem a inseriu e as respectivas classificações dadas aos atributos. Estes atributos são valores definidos pelos utilizadores e posteriormente usados pelos MAD. No caso das subcategorias pertencentes à categoria Infra-estruturas Urbanas, estas possuem quatro atributos que são: O impacto ambiental, que representa o efeito no ambiente directo ou indirecto que determinada ocorrência causa; A dimensão que no caso de buracos em pavimentos tem uma dimensão quantitativa, mas se for em outra subcategoria esta dimensão pode ser de carácter qualitativo; A gravidade, em que o utilizador classifica o quão grave é ou não a ocorrência; E por fim os seguidores, que não é definido pelo o utilizador que coloca a ocorrência no protótipo, mas sim pelo número de outros utilizadores que essa ocorrência consegue angariar, ou seja, quanto mais seguidores determinada ocorrência tiver, maior impacto social terá, que é aquilo que o critério “seguidores” pretende representar.

Um utilizador após analisar as ocorrências publicadas no protótipo pode tornar-se seguidor das mesmas, ou até mesmo do utilizador que a publicou. Nesta mesma interface, o seguidor pode fazer comentários, e até mesmo partilhar nas redes sociais, dando ainda mais impacto social à situação relatada. Na Figura 3.8 é demonstrado como se pode fazer essa utilização da interface.

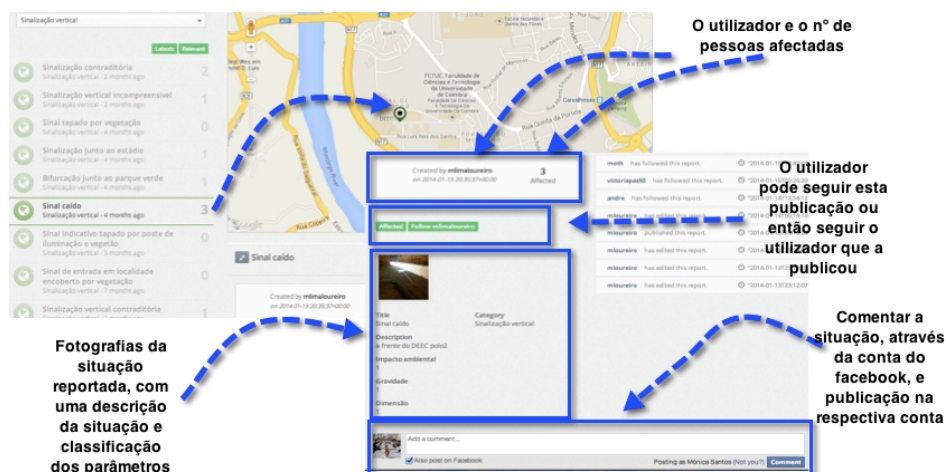


Figura 3.8 – Localização de ocorrências no mapa (SPEROBOX@, 2014).

3.5 Visualização de Publicação

O utilizador da aplicação encontra ao seu dispor diversas formas de ver as publicações/ocorrências introduzidas no sistema, uma delas é através da visualização do mapa e abrir directamente o “alfinete” que pretende observar. Após isso consegue observar as fotografias da situação relatada, a descrição que lhe foi associada, assim como os valores dos parâmetros lá existentes. Outra forma é através da lista de categorias existentes na aplicação. Nesta situação o utilizador pode encontrar situações idênticas existentes numa zona, ou seja, escolher uma das categorias ou subcategorias e ver as publicações existentes relativamente a essa ocorrência. Por fim, tem ainda a opção de visualizar a listagem completa de todas as publicações introduzidas no sistema.

Após a escolha de uma ocorrência, através de uma das formas já mencionadas, o utilizador pode observar a localização da situação, como também depois de escolher a ocorrência conseguirá sempre saber a que categoria e/ou subcategoria pertence. Aí poderá visualizar fotografias que ilustram a situação e assim mostrar que a mesma é real, a descrição que ajuda a perceber a situação e as dificuldades e problemas que causam na sociedade. Pode ver a pontuação dada aos atributos, como as pessoas que são “afectadas” pela situação e também pode tornar-se um seguidor dando assim “importância social” à ocorrência. As situações relatadas podem ainda ser partilhadas nas redes sociais onde ganham ainda mais impacto social. Na Figura 3.9. observa-se um exemplo em visualização, onde se pode ver tudo aquilo que já foi mencionado.

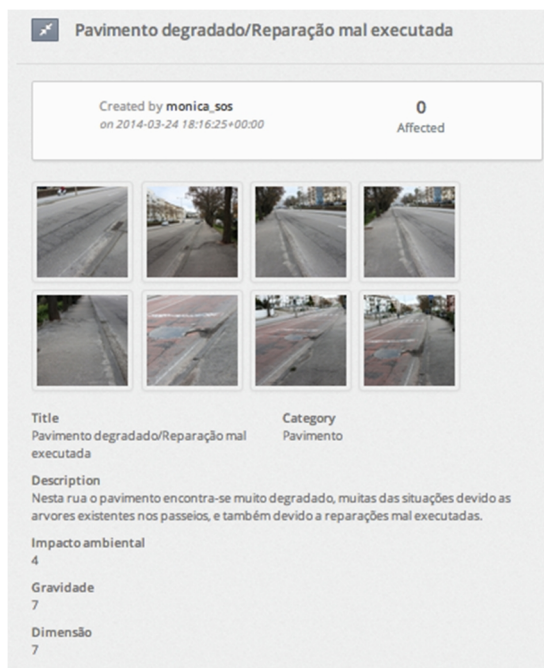


Figura 3.9 – Visualização de uma ocorrência (SPEROBOX@, 2014).

O utilizador dispõe ainda de uma outra forma de visualização das publicações efectuadas, podendo estas ser dispostas na forma de tabela, através da escolha da opção “*Table View*”, que também poderá ser organizada por uma determinada ordem, segundo o título, as coordenadas (localização), a sua categoria ou até mesma a data em que foi publicada. Na Figura 3.10 pode-se observar as diferentes configurações de visualização de publicações introduzidas.

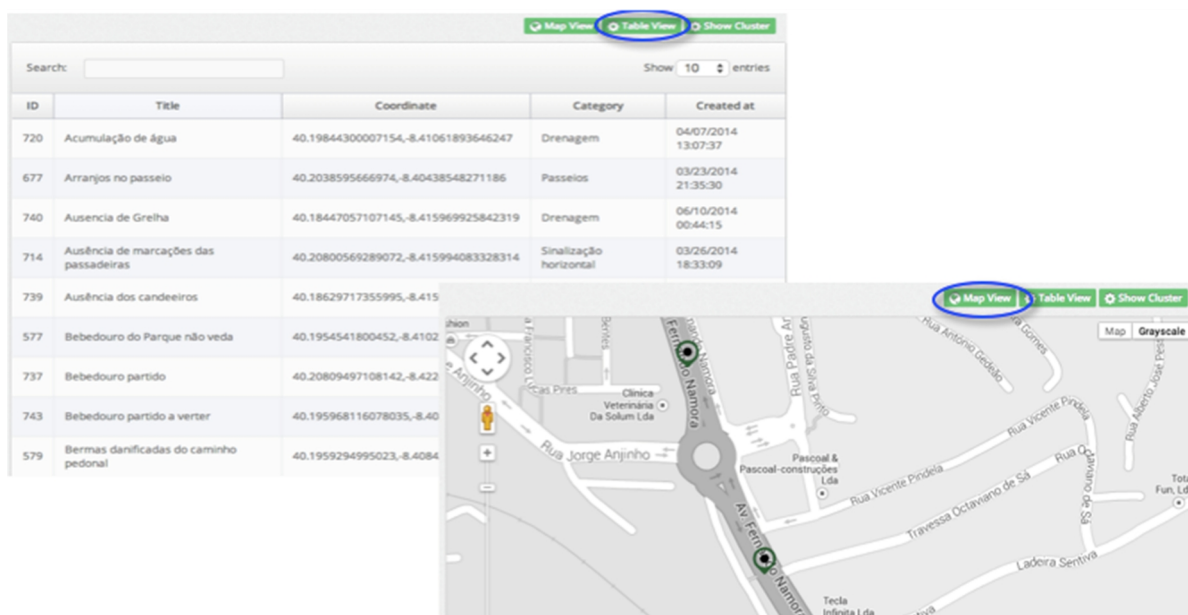


Figura 3.10 – Tipos de Visualização das notificações (SPEROBOX@, 2014).

3.6 Gestão das Publicações

Cada utilizador ao efectuar o acesso registado na sua conta, pode realizar a gestão da mesma, visualizar todas as suas publicações, fazer novas publicações ou até mesmo eliminar publicações que já efectuou, possivelmente por já terem sido tomadas medidas por forma a melhorar a situação. Inicialmente o utilizador pode criar uma nova situação a reportar que, posteriormente pode publicar tornando-a assim pública, ou seja, o utilizador consegue visualizar se a situação que vai reportar já está publicada ou não, através de um ícone que encontra, se é uma “caneta azul” a situação encontra-se em construção. Caso já se encontre publicada, torna-se visível para todos os utilizadores, e o ícone passa a ser verde com uma simbologia gráfica diferente. Quando se fala de gestão de publicações, isso diz respeito às publicações que cada utilizador faz; para tal tem de se estar na aba “My Reports”, onde podem ser criadas novas situações a reportar, e podem ser geridas as já existentes.

Quanto à gestão, inicialmente podem ser colocadas as situações relatadas, como já foi referido, podem ser colocadas fotografias e vídeos, que permitam uma melhor percepção da situação, com a ajuda da descrição inserida. Após a publicação das situações o utilizador pode gerir as mesmas, podendo editar a publicação, inserindo novos dados ou informações sobre se já foi feita alguma coisa para melhorar a situação. Também pode retirar a publicação, ficando esta apenas visível na sua conta e não a todos os outros utilizadores, e pode também apagar a publicação, por exemplo se a situação já se encontra resolvida. Na Figura 3.11 podem ser observadas as situações explicadas através de duas imagens do protótipo, em fase de criação de uma nova situação a reportar, como a gerir uma já existente.

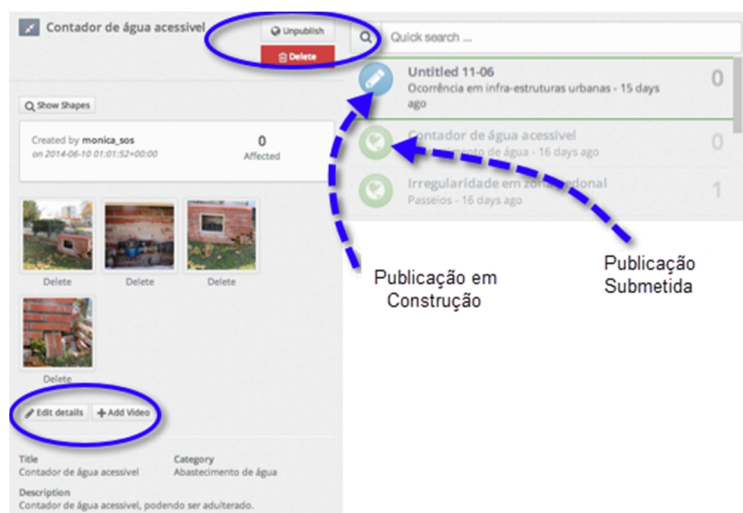


Figura 3.11 – Gestão das publicações (SPEROBOX@, 2014).

Ainda relacionado com a gestão, o utilizador tem acesso aos seus “seguidores”, como aos “seguidores” das publicações que realizou, podendo este ver quem são e conceder-lhes

permissão para o seguir ou não, assim como também, pode-se tornar “seguidor” de outros utilizadores, ou publicações em que se sinta afectado ou sejam do seu interesse.

3.7 Aplicação dos Métodos de Apoio à Decisão

Nesta fase, aborda-se algo mais direccionado para os decisores, pois permite uma ordenação por prioridades das situações publicadas. Inicialmente escolhe-se a categoria de relatórios a ser considerado na análise, se uma categoria de nível superior for seleccionada, as ocorrências de todas as subcategorias são seleccionadas e analisadas tendo em consideração os atributos da categoria de nível superior seleccionada. O utilizador tem no entanto a opção de ao clicar no ícone de uma ocorrência, fazer com que esta possa ser ou não considerada na análise.

Após a escolha da categoria, observam-se os pesos dos critérios associados à categoria seleccionada, sendo que os atributos são pré-definidos para cada categoria na fase de publicação das ocorrências. Nesta fase os decisores podem editar o valor dos pesos atribuídos a cada atributo. Ao editar os valores dos pesos, o decisor pode mudar directamente o valor digitando-os ou através da utilização de uma *slide bar*. Ao fazer essas alterações, os pesos dos atributos são automaticamente ajustados, para que a soma seja sempre 100%. Este ajuste só pode ser realizado caso os pesos dos atributos não estejam bloqueados. A Figura 3.12 permite observar o que foi explicado do protótipo.

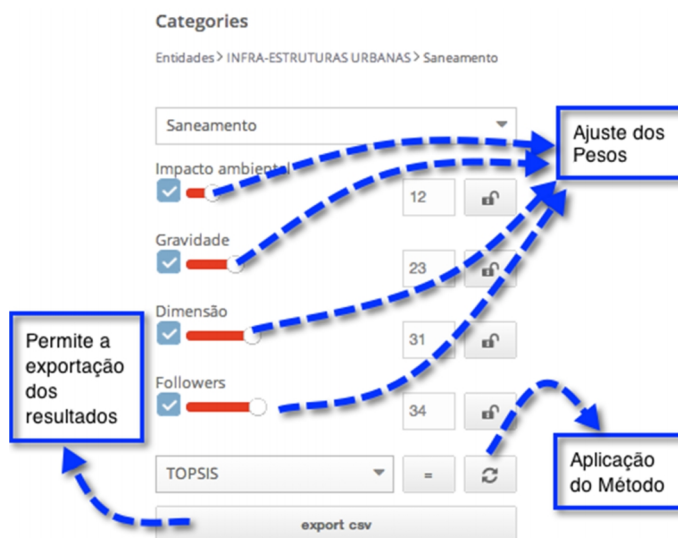


Figura 3.12 – Ajuste dos pesos dos atributos para aplicação dos métodos de apoio à decisão (SPEROBOX@, 2014).

De seguida, escolhe-se um dos métodos aplicar de entre os métodos disponíveis para realizar a avaliação. Com a execução do método escolhido, os elementos de cálculo tornam-se disponíveis para serem exibidos, mostrando a matriz normalizada, e a matriz de decisão do

método escolhido. Os resultados obtidos com a aplicação dos métodos de apoio à decisão, podem ser consultados em tabelas. Posto isto, o programa dá uma pontuação a cada ocorrência, organizando-as todas em função desse valor por uma ordem de prioridade de intervenção. Essas pontuações são codificadas por cores, cores essas que são utilizadas nos respectivos pinos no mapa, dando assim a entender a ordem de prioridade de intervenção. Na Figura 3.13, podem ser observadas essas pontuações com a respectiva cor, que vai do vermelho, intervenção com mais elevada prioridade, ao verde, intervenção menos urgente. O protótipo ainda permite uma pesquisa nos resultados obtidos.

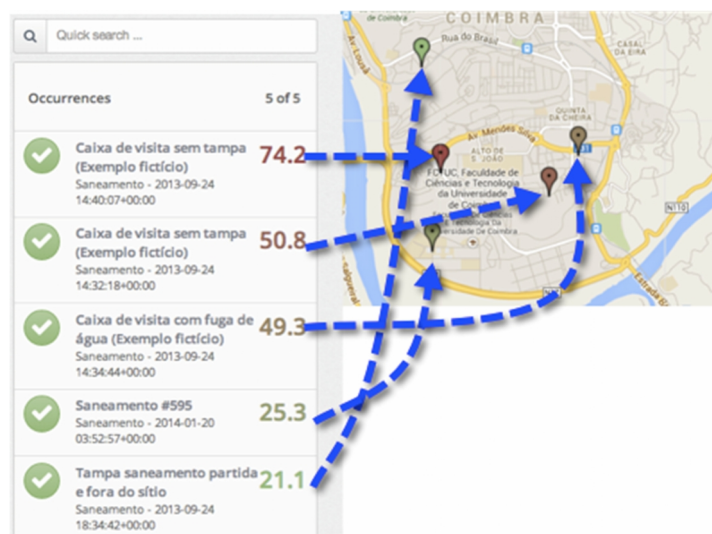


Figura 3.13 – Pontuação atribuída a cada ocorrência e escala de prioridade de intervenção (SPEROBOX@, 2014).

3.8 Versões Móveis do Protótipo Sperobox

O principal objectivo da aplicação Sperobox é que as pessoas possam reportar ocorrências que encontram no seu dia-a-dia, sejam elas situações ocasionais ou que se encontram permanentemente em estado inaceitável. Para tal, nada melhor do que poder reportar automaticamente a situação, tirando uma fotografia que ilustre a situação, adicionar uma pequena descrição, e como esta publicação está a ser feita a partir de um aparelho móvel esta será imediatamente georreferenciada, sendo possível a ocorrência ficar logo disponível na aplicação. Esta aplicação encontra-se disponível para os sistemas operativos Android™ e iOS™.

A aplicação móvel facilita em grande parte a introdução de ocorrências na plataforma, pois torna-se mais cómodo aos utilizadores verem uma situação que acham que deve ser relatada, e podendo de imediato publica-la, sem precisarem de esperar até terem oportunidade de conseguir aceder à plataforma através de um computador. Esta aplicação é de fácil utilização, bastando que o utilizador faça *login* com a sua conta, obtendo logo acesso de uma forma mais

simplificada que a versão *desktop*. Na figura 3.14 observa-se a interface do protótipo na aplicação móvel, onde o utilizador pode ter acesso às últimas publicações, e no botão “Add Report”, adicionar novas ocorrências.

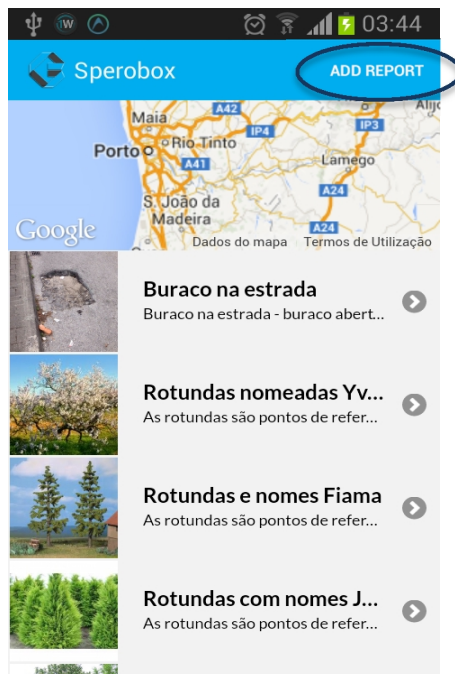


Figura 3.14 – Interface para utilização da aplicação Sperobox (aplicação SPERO, 2014).

Depois de o utilizador seleccionar a função de adicionar nova ocorrência (*Add Report*), tem acesso a uma interface que permite localizar a sua posição, podendo também ser o utilizador a colocar o sítio correcto da ocorrência. Permite também adicionar uma descrição e introduzir as fotografias que ilustram a situação e seleccionar a categoria na qual se encaixa a ocorrência a reportar. Na figura 3.15 apresenta-se a interface mencionada.

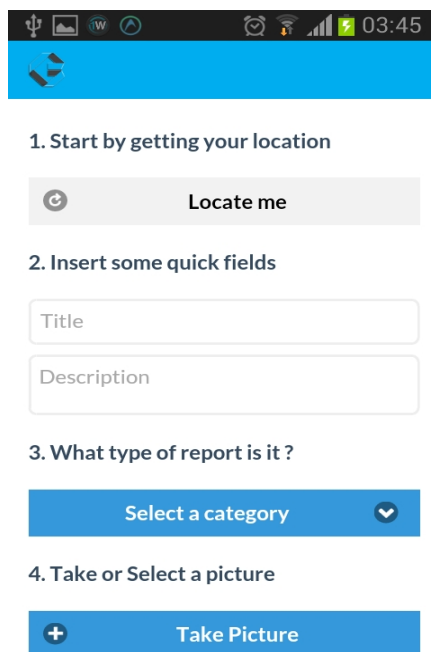


Figura 3.15 – Interface para publicação de ocorrências (aplicação SPERO, 2014).

Na Figura 3.16 apresentam-se os passos que o utilizador realiza para a publicação de uma ocorrência na aplicação móvel do protótipo.

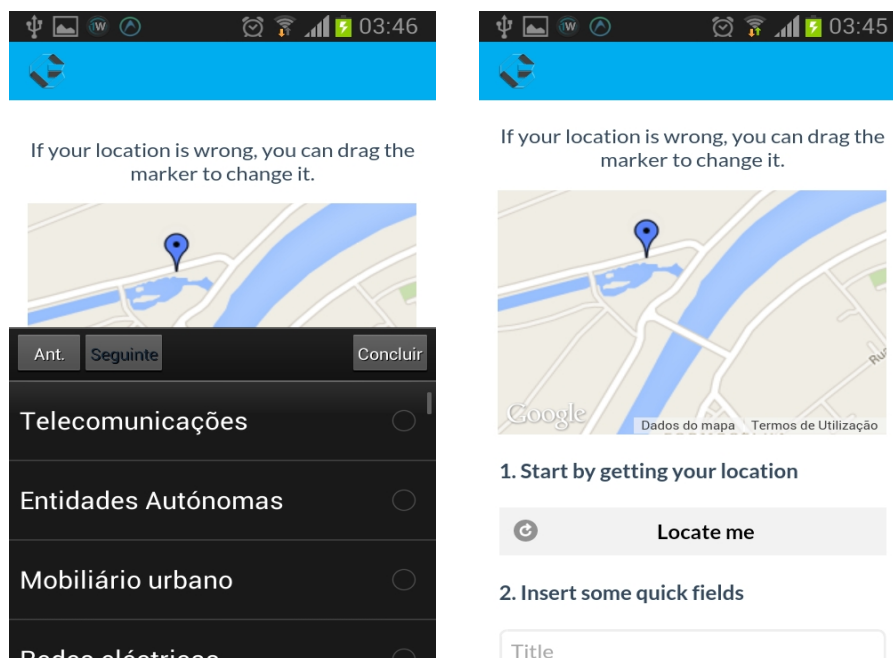


Figura 3.16 – Interface de localização e escolha da categoria da ocorrência (aplicação SPERO, 2014).

Como já foi referido, na aplicação móvel o utilizador também tem acesso a publicações já existentes e podendo aqui também, tornar-se “seguidor” das mesmas, caso considere as ocorrências com relativa importância, contribuindo assim para o aumento do respectivo impacto social. Na Figura 3.17 observa-se a interface que o utilizador encontra quando vê uma ocorrência já publicada e a forma como se pode tornar seguidor da mesma.

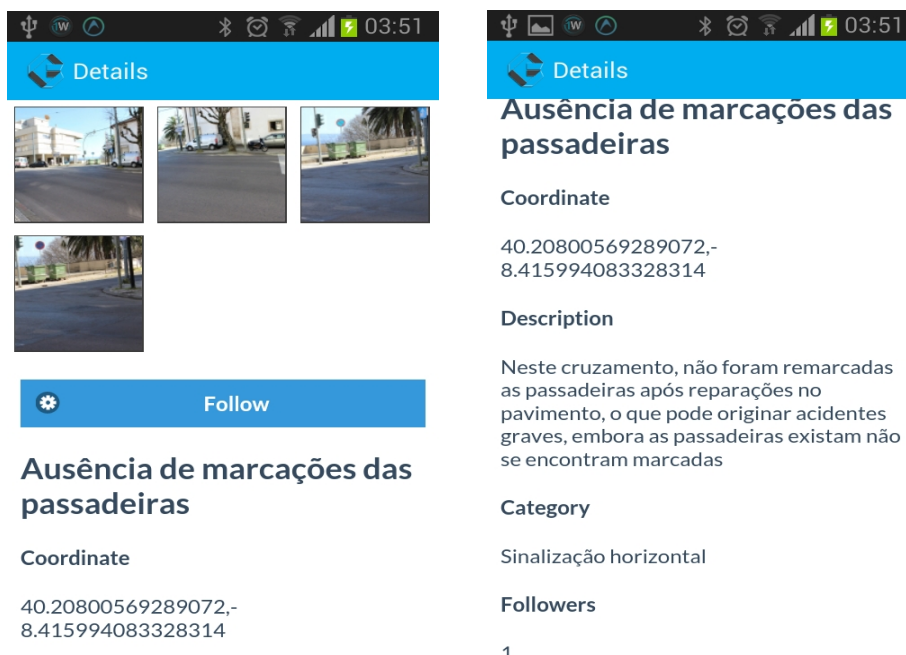


Figura 3.17- Interface de visualização de ocorrências publicadas (aplicação SPERO, 2014).

A aplicação móvel do protótipo Sperobox, permite aliar as novas tecnologias dos novos aparelhos de comunicação móveis, com o aumento da participação em redes sociais, ou seja, suporta a participação pública.

4 SISTEMA DE CATEGORIZAÇÃO

Para a concepção de um sistema hierárquico de categorias urbanas, é necessário compreender o funcionamento e organização de uma cidade, para assim se conseguir capturar todas as categorias e suas respectivas subcategorias, de modo a facilitar a utilização e percepção da ferramenta SperoBox.

Para tal, foram tidos em conta o máximo de tipos possíveis de infra-estruturas possíveis, para que, qualquer tipo de situação relatada, possa ser inserida numa das categorias existentes no sistema. De seguida, é feita uma apresentação das categorias e algumas subcategorias, e uma breve explicação do seu enquadramento e dos tipos de anomalias que se encontra numa cidade.

4.1 Estrutura Hierárquica

Para a criação de um sistema de categorização foi tido por base um esquema hierárquico. Tudo quanto existe em meio urbano poderá ser estruturado de acordo com uma hierarquia, pois todas as infra-estruturas existentes assentam numa estrutura hierárquica, em que existem aspectos de nível superior e de nível inferior que os relacionam.

Inicialmente criou-se uma categoria superior da qual todas estão dependentes, Infra-estruturas Urbanas. Posteriormente na hierarquia, criaram-se subcategorias situadas no nível imediatamente inferior que são, as Redes Eléctricas, Redes de Gás, Abastecimento de Água, Saneamento, Vias de Comunicação, Mobiliário Urbano, Taludes e Muros de Suporte, Telecomunicações e Outras. No nível seguinte, criaram-se subcategorias das anteriores, que na maioria dos casos são os componentes que constituem o sistema em análise, ou seja, no caso por exemplo de Redes Eléctricas, a subcategoria que a sucede são as componentes afectas a esta, como o caso de fios eléctricos, contadores, tampas, postes, avarias na rede entre outras.

Quando se começa a abordar cada vez mais pormenorizadamente a estrutura hierárquica, pode-se observar certos conflitos, em que se torna difícil colocar certa ocorrência numa só categoria, como é o caso da ausência de luz numa determina zona, em que existem os postes mas a iluminação não funciona. Neste caso a ocorrência pode ser relatada na categoria “Rede Eléctrica”, pois trata-se de um componente da mesma, ou pode ser colocada na subcategoria

Iluminação, subcategoria da categoria Vias de Comunicação, em que a principal função dos postes eléctricos é a iluminação das vias de comunicação. Nestas situações há uma inter-relação, em que o utilizador coloca a ocorrência no local onde acha que melhor se adapta, mas que pode ser relacionada com outra categoria. Através da colocação de uma nota inserida pelo utilizador, torna-se assim possível que o programa relacione diferentes categorias.

Ainda com o exemplo da falta de iluminação, este pode estar relacionado também com a Criminalidade, que é uma categoria que se encontra no primeiro nível da hierarquia a par da categoria de Infra-estruturas Urbanas. Voltando ao exemplo, se o local onde ocorre a ausência de iluminação é um local propício a ocorrências de criminalidade torna-se evidente a relação entre as categorias referidas. Mais uma vez, para estas situações é necessário um sistema que inter-relaciona as categorias que se encontram directa ou indirectamente relacionadas.

4.2 Flexibilidade da Estrutura Hierárquica

A estrutura hierárquica criada para ser introduzida no protótipo Sperobox tenta apenas ser um auxílio para facilitar a utilização da aplicação. No entanto, não se pretende que seja uma estrutura rígida mas sim flexível, em que se possa adicionar tanto subcategorias, aumentar a estrutura verticalmente, como adicionar componentes ou categorias no mesmo nível, a estrutura pode aumentar horizontalmente. Na Figura 4.1 encontra-se um diagrama que pretende ilustrar a flexibilidade da estrutura como também, o facto de não haver a necessidade de passar por categorias superiores para se poder atingir uma inferior.

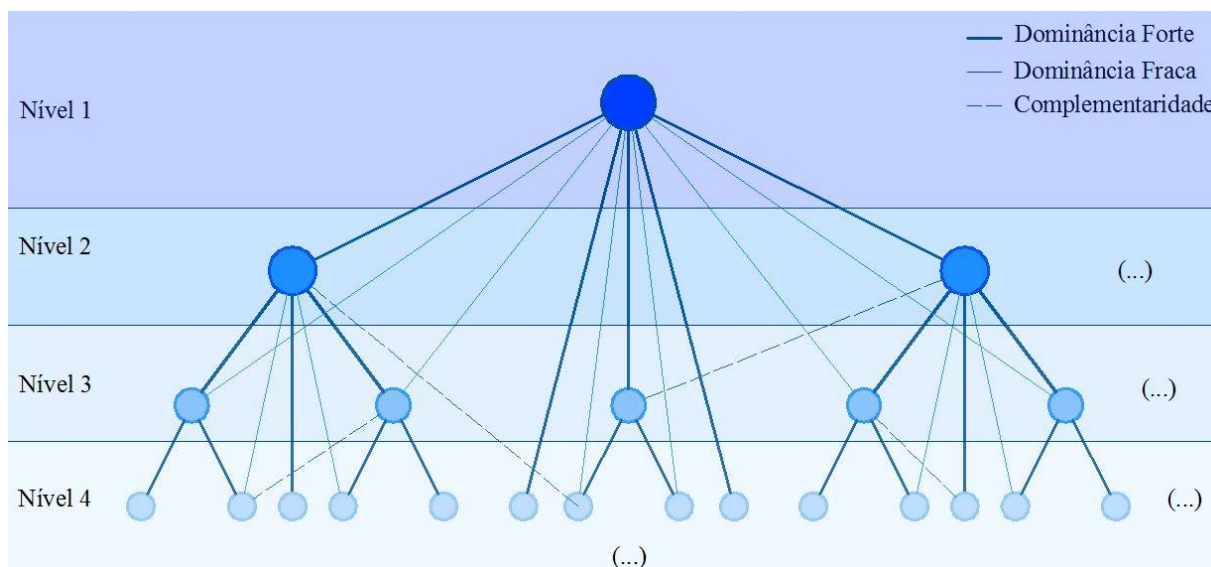


Figura 4.1- Esquema de uma estrutura hierárquica flexível (adaptado de Rodrigues, 2012).

Através da observação da figura anterior, pode-se concluir que para além da flexibilidade da estrutura quanto ao nível de verticalidade como de horizontalidade, se verifica a dominância entre os diversos níveis, ou seja, na estrutura hierárquica existem relações de dominância que podem ser níveis sucessivos ou não, mas em níveis sucessivos existe sempre dominância forte entre eles, pois estão sempre relacionados. Outro aspecto que se pode concluir é o facto de existirem relações de complementaridade entre categorias diferentes, pois existem ocorrências que podem ser colocadas numa determinada categoria mas que também podem estar relacionadas com uma outra categoria. A estrutura anterior foi readaptada para o conceito que se pretendia explicar, pois era referente a uma rede de transportes, também baseada numa estrutura hierárquica, segundo o Modelo de Christaller, que é um modelo mais rígido, com carácter de dominância entre níveis, e o Modelo Pred, que é um modelo mais flexível (Rodrigues, 2012).

4.3 Categoria Infra-estruturas Urbanas

Para a maioria dos cidadãos é comum encontrar em locais que frequentam habitualmente situações que foram mal realizadas, que têm um mau funcionamento ou até mesmo situações que impliquem perigo para quem por ali passa. Melhor do que ninguém, que o seu utilizador assíduo pode alertar do perigo ou até mesmo sugerir uma melhor solução. Deste modo, esta solução hierárquica das categorias existentes numa cidade, vem ajudar a uma melhor solução/reparação de situações por parte da entidade responsável, que pode ser uma entidade pública ou privada. Como se está perante a gestão de um sistema urbano, são consideradas categorias, todas aquelas que se integram nas infra-estruturas urbanas do sistema. No primeiro nível encontra-se a categoria de Infra-estruturas Urbanas, sendo esta a “mãe” de todas as subcategorias. De seguida são apresentadas essas subcategorias com referência aos níveis subjacentes das mesmas (ver Figura 4.2). Nas subsecções seguintes são apresentados alguns exemplos de ocorrências identificadas na cidade de Coimbra, segundo as respectivas categorias/subcategorias.

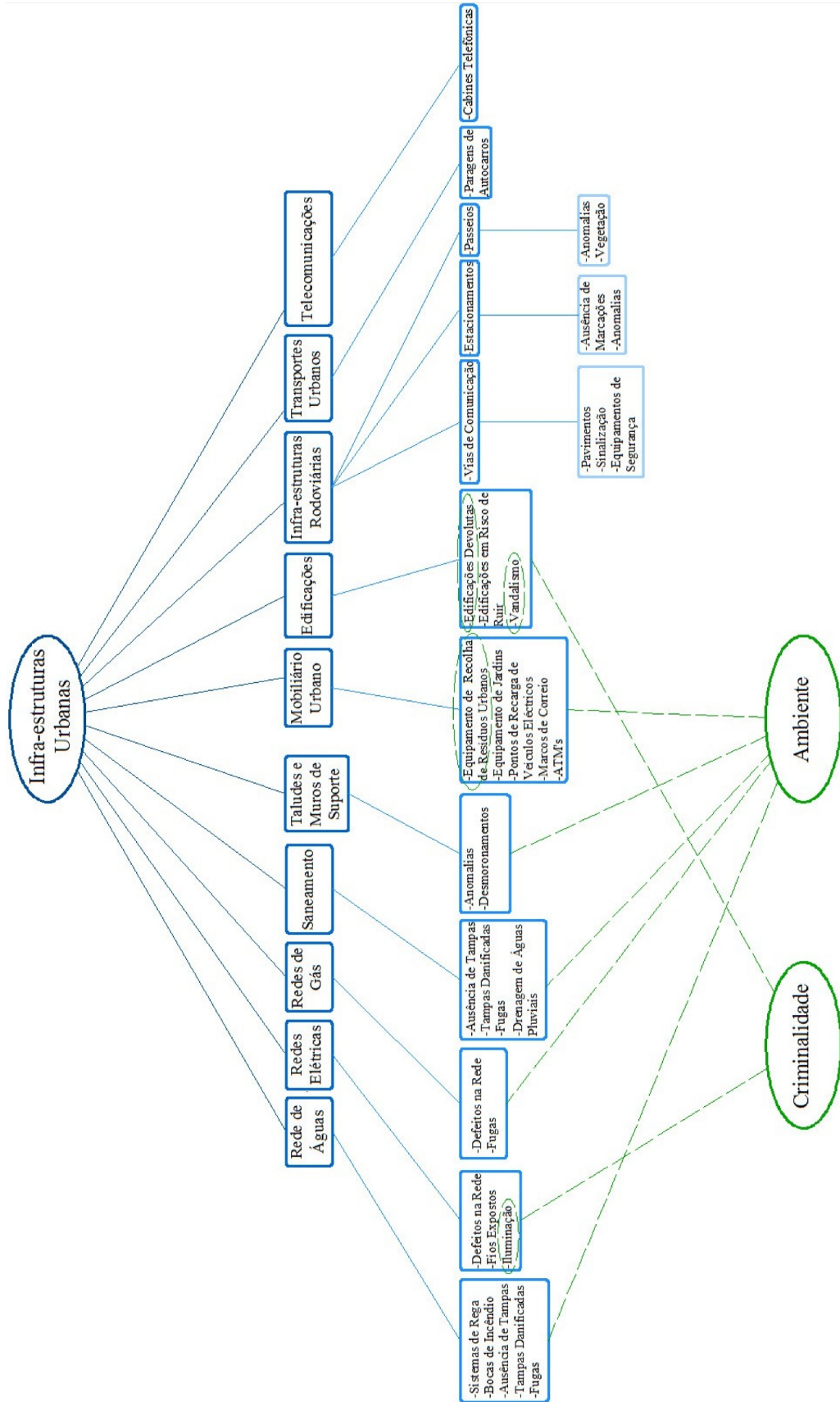


Figura 4.2 – Estrutura hierárquica definida.

4.3.1 Rede de Águas

As redes de águas são um equipamento fundamental em qualquer cidade, pois permitem o acesso a um bem essencial. No entanto encontram-se muitas vezes fugas, sistemas de rega mal direccionados, que se encontram a regar a estrada e não o jardim onde foram colocados, bocas-de-incêndio por vezes com fugas, a ausência de tampas de serviço ou tampas danificadas, que se encontrando nas estradas ou nos passeios podem causar acidentes aos utilizadores. Na Figura 4.2 pode-se observar um exemplo encontrado na cidade de Coimbra, que se enquadra nesta subcategoria, que neste caso é uma fuga de água encontrada num passeio da cidade.



Figura 4.3 – Fuga de água na cidade de Coimbra.

4.3.2 Redes Eléctricas

Quanto às redes eléctricas, também são algumas as ocorrências que se encontram nas nossas cidades, exemplos como ausência de iluminação, um poste derrubado ou a existência de fios expostos num sítio acessível às pessoas. Nesta subcategoria podem-se encontrar, num nível inferior, subcategorias como Defeitos na Rede, tendo como exemplo fios expostos, ou Iluminação, sendo esta uma categoria muito abrangente. Na Figura 4.3. observa-se a ausência de uma lâmpada e protecção da armadura/luminária, com exposição dos fios de ligação, sendo assim um exemplo desta subcategoria.



Figura 4.4 – Ausência de lâmpada e fios de ligação expostos.

4.3.3 Redes de Gás

No que toca às redes de gás, os casos a encontrar não são muitos, pois trata-se de algo perigoso, podendo no entanto ocorrerem Defeitos na Rede ou Fugas, que ao serem detectadas devem ser solucionadas com a maior brevidade possível. Quando se pensa numa cidade, pensa-se no máximo de conforto para os cidadãos. Sendo o gás canalizado uma mais-valia, os utilizadores podem reportar que numa determinada rua não têm acesso à rede, sendo a entidade responsável informada, por forma a mudar essa situação, tornando-se assim numa melhoria da cidade.

4.3.4 Saneamento

Em relação ao saneamento já se encontram mais situações a reportar, sendo esta uma subcategoria mais abrangente, pois quando se fala em saneamento, fala-se em dois tipos de águas: águas pluviais, que abrangem a questão da drenagem onde se fala de valetas, sarjetas entre outras; e as águas residuais. Para esta subcategoria tem-se, num nível inferior, a Ausência ou Danificação de Tampas, as Fugas e a Drenagem de Águas Pluviais. Na Figura 4.4 encontra-se um exemplo para esta categoria observado na cidade de Coimbra, que consiste na acumulação de lixos no sistema de drenagem de águas pluviais.



Figura 4.5 – Acumulação de lixo num sistema de drenagem.

4.3.5 Taludes e Muros de Suporte

No que concerne aos taludes e muros de suporte, muitas vezes se observam situações em que estes se encontram em perigo de queda ou derrocada, necessitando assim de intervenção. Esta subcategoria divide-se em Anomalias, Desmoronamentos e Quedas de Blocos. Na Figura 4.5 observa-se um pequeno desmoronamento de um maciço rochoso para um passeio.



Figura 4.6 – Pequeno desmoronamento de um talude.

4.3.6 Mobiliário Urbano

Esta subcategoria é a que mais componentes abrange, pois quase todos os acessórios numa cidade, como é o caso de papeleiras, equipamentos de jardim, bebedouros ou paragens de autocarro, são considerado mobiliário urbano. Embora as ocorrências que se encontram possam ser com mobiliário urbano podem também estar directamente relacionadas com outra categoria. Assim, nesta subcategoria foram colocados no seu nível inferior, os Equipamentos de recolha de resíduos urbanos, os equipamentos de jardim, os pontos de recarga de veículos Eléctricos, os Marcos de Correio e as Caixas de Multibanco, embora existam muitas outras que podem ser adicionadas pelo utilizador que pretende reportar a ocorrência. Na Figura 4.6 encontra-se um exemplo de uma situação relatada na categoria de Mobiliário Urbano, em que a situação é um pilarete torto na saída de uma passadeira.



Figura 4.7 – Pilarete torto à saída de uma passadeira.

4.3.7 Edificações

Quanto a esta subcategoria, encontra-se muitas vezes nas nossas cidades situações de edificações que apresentam um risco para as pessoas que utilizam a via pública, seja pelo risco de ruir ou pela queda de pequenas partes do edificado como beirados, ou partes de fachadas. Esta subcategoria apresenta num nível inferior três subcategorias, sendo estas Edificações em Risco de Ruir, Edificações Devolutas e o Vandalismo, estando as últimas duas também ligadas a uma categoria superior, a Criminalidade. Nesta área também se encontram bastantes exemplos na cidade de Coimbra. A Figura 4.7 retracts um desses exemplos, o caso de uma casa emparedada com risco de ruir o telhado.



Figura 4.8 – Edificação devoluta.

4.3.8 Infra-estruturas Rodoviárias

Esta subcategoria, é aquela que engloba mais divisões em níveis inferiores, assim como também, é aquela que maior número de situações se encontram habitualmente em meio urbano para serem relatadas. Esta, a nível imediatamente inferior, encontra-se dividida em três subcategorias, Vias de Comunicação, Estacionamentos e Passeios. Começando pelas vias de comunicação, no nível inferior a este encontram-se os pavimentos, para ocorrências como buracos, desgaste ou reparações mal executadas, a sinalização e os equipamentos de segurança da via. Quanto aos estacionamentos, relatam-se anomalias em geral que podem ser por exemplo a ausência de marcações. Nos passeios podem ocorrer irregularidades, devido a raízes de árvores, o levantamento da calçada ou invasão pela vegetação, podendo esta invadir também as vias de comunicação, afectando assim directamente a categoria Vias de Comunicação. Na Figura 4.8 observa-se um exemplo encontrado na cidade de Coimbra que se enquadra nesta subcategoria, que se trata de uma enorme irregularidade causada por raízes de árvores, que causam problemas ao nível do pavimento da estrada, como dos estacionamentos existentes e também do passeio.



Figura 4.9 – Irregularidades no passeio e parque de estacionamento causadas pela raiz de uma árvore.

Dentro desta categoria de infra-estruturas rodoviárias, podem existir relações com outras categorias como é o caso da Iluminação (Rede Eléctrica) e o caso da Drenagem (Saneamento). Nessas situações, o utilizador tem a liberdade de colocar a ocorrência no local onde acha melhor, sendo que pode ser relacionado através de uma nota com outras subcategorias que não são dominantes da mesma como já referido.

4.3.9 Transportes Urbanos Colectivos

No caso dos transportes urbanos, temos o exemplo das paragens de autocarros não estarem devidamente identificadas com o nome que é apresentado nos roteiros da cidade. Embora as paragens de autocarro sejam consideradas mobiliário urbano, podem também ser mencionadas nesta subcategoria quando esta está directamente ligada com o serviço do transporte colectivo. Quando se fala de transporte colectivos não se trata apenas de autocarro, mas também de táxis, metros, comboios urbanos entre outros.

Na Figura 4.9 representa um dos muitos casos que se encontra na cidade de Coimbra, em que as paragens de autocarro não têm o respectivo nome, o que para quem não conhece a cidade pode-se tornar numa grande dificuldade.



Figura 4.10 – Paragem de autocarro sem identificação.

4.3.10 Telecomunicações

Quanto às telecomunicações, temos o exemplo das cabines telefónicas que embora já se encontrem em desuso, quando existem encontram-se desactivadas ou fora de funcionamento. Há cidades que têm acesso ao serviço de internet via wireless, como é o caso da cidade de São João da Madeira, em que por vezes não há acesso ao serviço devido a alguma anomalia, sendo que nessas situações os utilizadores podem reportar a anomalia na subcategoria de Telecomunicações.

4.4 Ambiente e Criminalidade

Como se pode observar na figura 4.2 encontram-se duas categorias ao nível das Infra-estruturas Urbanas, Ambiente e Criminalidade. Embora sejam duas categorias que influenciam o desenvolvimento da cidade, assim como a qualidade de vida, nem sempre estão directamente ligadas a infra-estruturas. No caso do Ambiente, são inúmeras as ocorrências que o influenciam directa ou indirectamente, como o caso da recolha de resíduos sólidos, a poluição, as ocorrências relatadas na subcategoria Taludes e Muros de Suporte que alteram a topografia dos terrenos, e também as ocorrências relacionadas com o Saneamento e as Redes de Água e de Electricidade, pois uma boa gestão das infra-estruturas que suportam estas redes também contribui para a preservação do ambiente.

A criminalidade é um aspecto fundamental para a qualidade de uma cidade e por vezes o estado degradado de muitas infra-estruturas existentes em meio urbano, contribui para o aumento da criminalidade num determinado local. Um local pouco iluminado por vezes torna-

se propício a situações de criminalidade, como também zonas com edificações devolutas, que atraem este tipo de situações e causam medo aos utilizadores ou moradores da zona.

Embora não se encontrem no diagrama ilustrativo da estrutura hierárquica, estas duas categorias encontram-se no primeiro nível da estrutura, e situações relacionadas com elas podem ser relatadas directamente na respectiva categoria.

4.5 Ocorrências Relatadas

Para a criação do sistema de categorização, a melhor forma de compreender o seu funcionamento é através da recolha de ocorrências numa determinada cidade, que neste caso foi a cidade de Coimbra. Com a tentativa de encaixar as situações observadas sucessivamente começou-se a compreender o relacionamento entre as infra-estruturas, assim como o tipo de ocorrências que se encontra, como também as suas consequências. Por vezes pode ocorrer a dúvida de onde colocar determinada ocorrência, pois podem estar relacionadas categorias diferentes, por exemplo um buraco na estrada que acumula água junto de uma paragem de autocarros, pode-se pensar que o problema é o buraco no pavimento, e é, mas também causa um problema às pessoas que aguardam o autocarro na paragem, devido à acumulação de água. Nestas situações a ocorrência seria relatada na categoria de pavimentos ou numa outra subcategoria existente em que se pudesse enquadrar, e quando se fizesse a publicação da ocorrência teria uma nota que relacionasse essa ocorrência com a situação que causa nas pessoas que esperam pelo autocarro.

De seguida são apresentados, através de uma fotografia sugestiva e da designação atribuída, a maioria das ocorrências recolhidas na cidade de Coimbra, para facilitar e ajudar na concepção da estrutura hierárquica. Devido à complexidade associada a um sistema urbano, tentou-se simplificar a estrutura hierárquica para que fosse de fácil utilização e compreensão por parte dos utilizadores.

Nas imagens seguintes, Figura 4.11, 4.12 e 4.13, podem-se observar fotografias ilustrativas de cada ocorrência publicada e o respectivo título, o qual corresponde uma pequena designação da situação reportada.

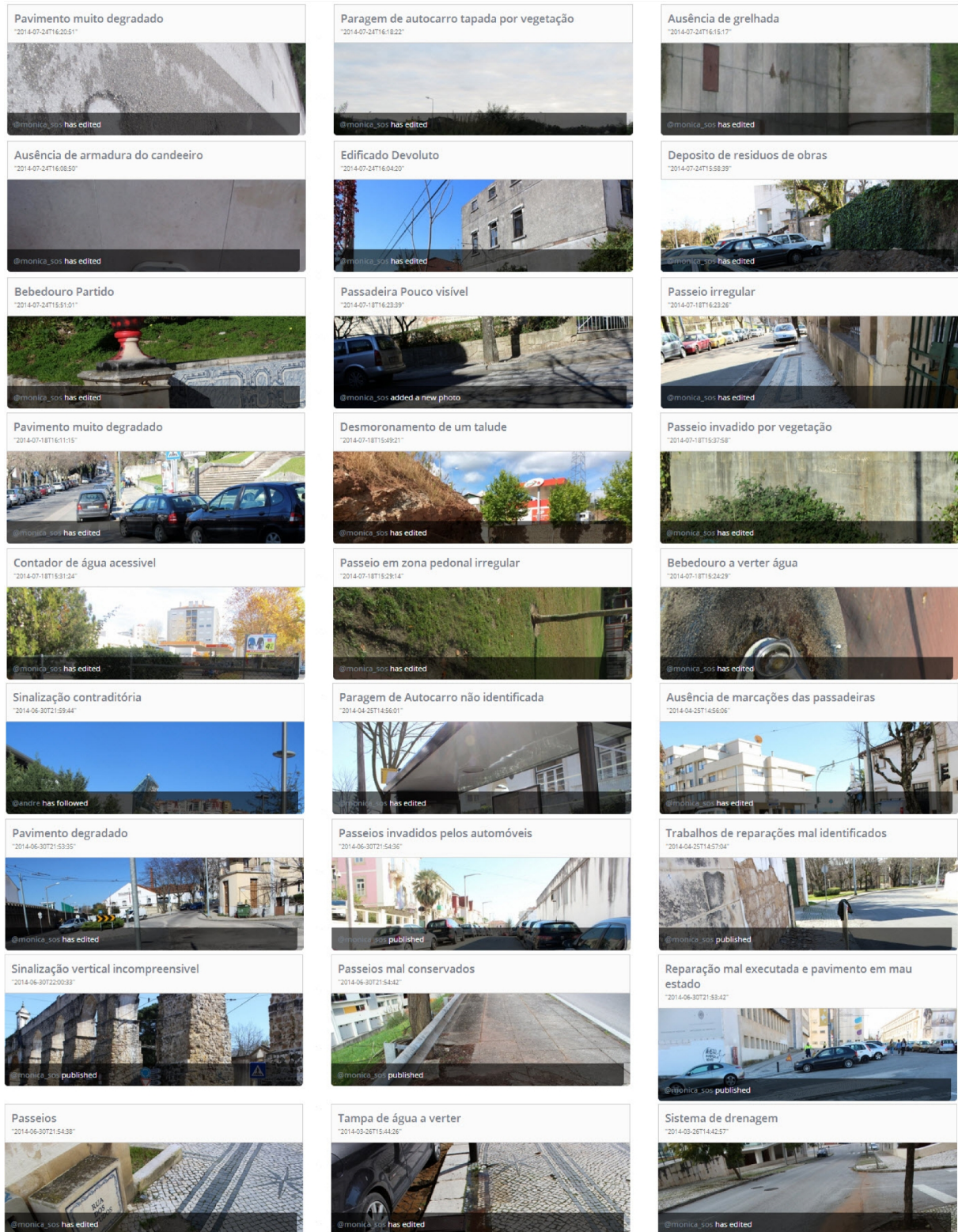


Figura 4.11 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.

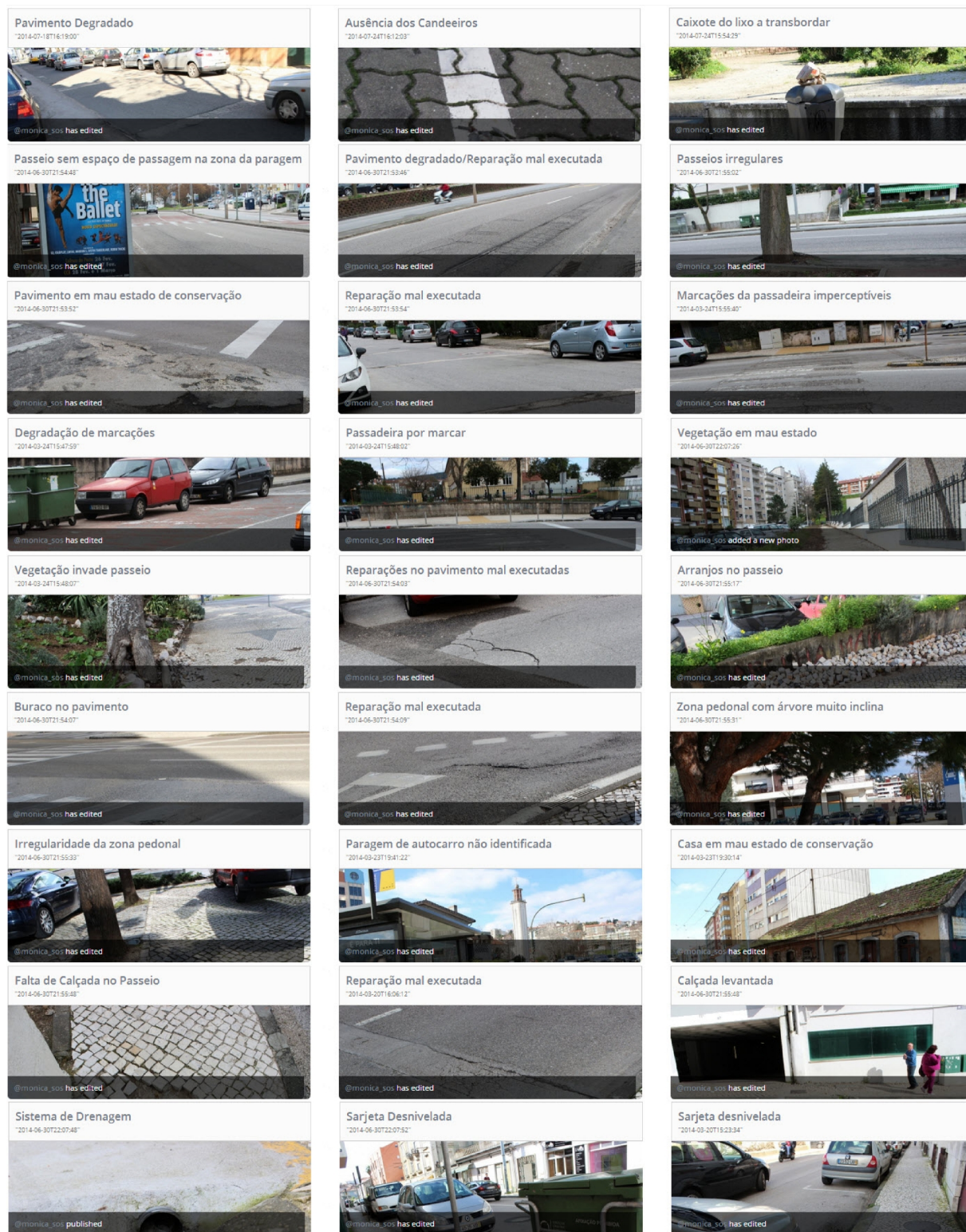


Figura 4.12 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.

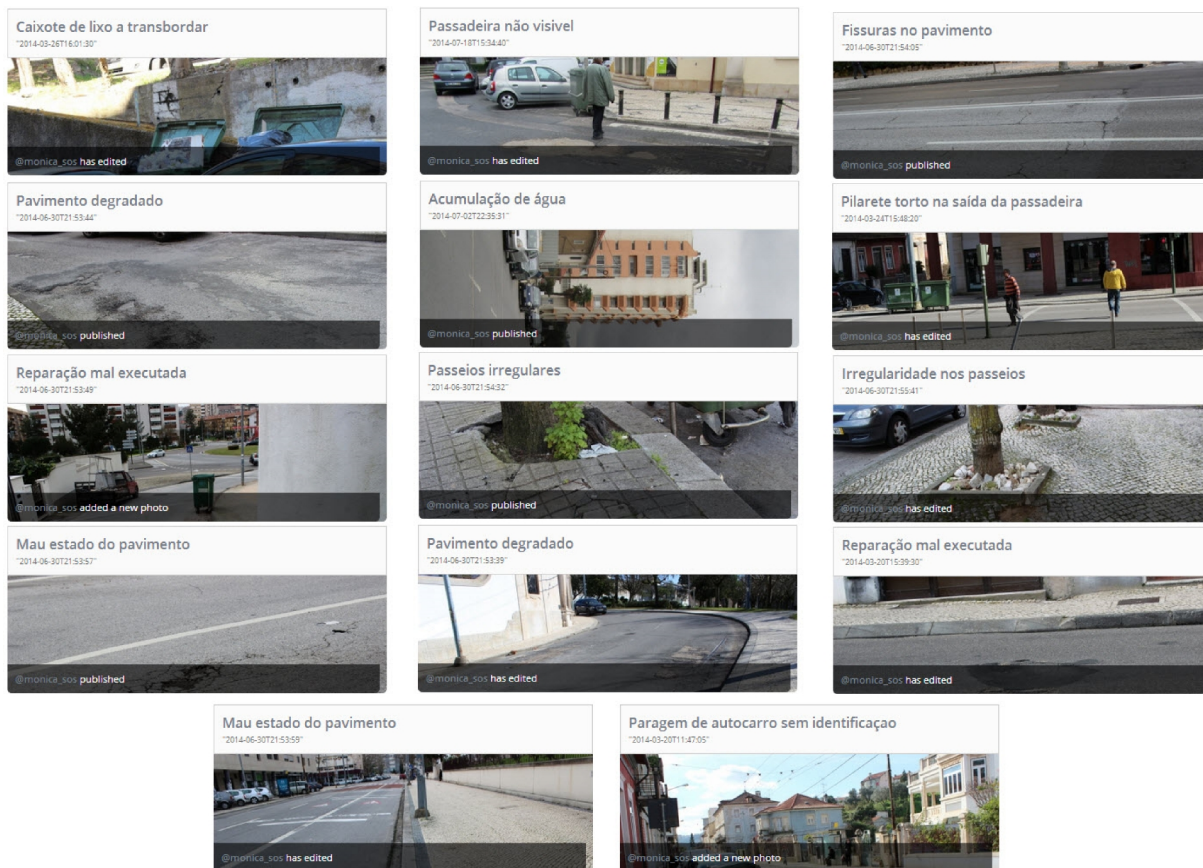


Figura 4.13 – Ocorrências publicadas referentes à cidade de Coimbra.

5 CASO DE ESTUDO – CIDADE DE COIMBRA

Neste capítulo, escolheram-se as duas categorias que mais ocorrências tinham publicadas no levantamento de casos reais efectuado na cidade de Coimbra: a categoria “pavimentos”, e a categoria “passeios”. Para ambas aplicaram-se os métodos disponíveis no protótipo Sperobox, a Soma Pesada e o TOPSIS.

Para ambas as categorias foram feitos vários testes, utilizando diferentes valores nos pesos dos critérios/atributos, para assim compreender a sua influência na determinação da listagem de prioridades. Com a variação nos pesos utilizados pretende-se mostrar as diferenças obtidas, fazendo uma avaliação mais ambientalista ou por outro lado, uma avaliação mais direccionada para privilegiar a segurança.

5.1 Análise de Prioridades de Intervenção – Categoria Pavimentos

Para aplicação dos MAD nesta categoria, foram usadas três conjuntos de pesos representados no Quadro 5.1. A utilização destas variações de pesos prende-se com o objectivo de avaliar a alteração que ocorre quando se atribui mais importância a cada um dos critérios. No primeiro conjunto é atribuída igual importância a todos os atributos, no segundo dá-se mais importância à questão da segurança, dando assim mais peso aos atributos “gravidade” e “dimensão”. No terceiro conjunto dá-se maior relevo às questões ambientais. Quanto ao critério “seguidores”, este não foi muito relevante visto o protótipo ser muito recente, não estar aberto ao público e, por isso, não possuir ainda muitos seguidores das ocorrências introduzidas no âmbito deste trabalho.

Quadro 5.1 – Conjunto de pesos utilizados na análise da categoria “Pavimentos”.

	Soma Pesada	Pesos (%)		
		1ª	2ª	3ª
Critérios	Impacto Ambiental	25	5	40
	Gravidade	25	30	20
	Dimensão	25	35	20
	Impacto Social (Seguidores)	25	30	20

5.1.1 Soma Pesada

Para aplicação deste MAD o protótipo procedeu à normalização da Matriz de Decisão que se observa no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Matriz de Decisão Normalizada Soma Pesada.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	8	8	3	3
Buraco na estrada	1	1	1	1
buraco na via	1	9	5	2
Buraco no pavimento	3	4	4	1
Fissuras no pavimento	4	5	7	2
Mau estado do pavimento	4	6	6	1
Mau estado do pavimento	4	6	5	2
Passeio ao lado do restaurante safari	1	1	1	2
Pavimento #600	7	5	3	1
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	9	8	8	3
Pavimento degradado	4	8	8	1
Pavimento degradado	3	7	5	1
Pavimento degradado	3	5	6	1
Pavimento degradado	4	5	6	1
Pavimento Degradado	3	6	6	1
Pavimento degradado/Reparação mal executada	4	7	7	1
Pavimento em mau estado de conservação	5	7	5	1
Pavimento inadequado e degradado	2	4	8	2
Pavimento irregular	1	3	1	1
Pavimento muito degradado	6	5	1	1
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	4	9	9	1
Reparação mal executada	2	5	5	1
Reparação mal executada	2	7	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	4	5	5	2
Reparações no pavimento mal executadas	5	4	3	1

De seguida, com o primeiro conjunto de pesos, igual importância dada a todos os atributos, obteve-se a matriz de decisão pesada, que permite ordenar numa lista de prioridades as ocorrências analisadas. No quadro 5.3 pode-se observar essa matriz, e também se pode verificar as três ocorrências que se encontram nos primeiros lugares na listagem de prioridades (Figura 5.1, com ordem de prioridade decrescente da esquerda para a direita) que se encontra a azul, com um coeficiente de prioridade de 94,4 (coeficiente entre 0 e 100 – 0 prioridade mínima; 100 prioridade máxima). Essa listagem resulta da soma dos valores de cada linha.



Figura 5.1 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Pavimentos”, primeiro conjunto de pesos).

Quadro 5.3 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 1º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	22.22	22.22	8.33	25.00
Buraco na estrada	2.78	2.78	2.78	8.33
buraco na via	2.78	25.00	13.89	16.67
Buraco no pavimento	8.33	11.11	11.11	8.33
Fissuras no pavimento	11.11	13.89	19.44	16.67
Mau estado do pavimento	11.11	16.67	13.89	16.67
Mau estado do pavimento	11.11	16.67	16.67	8.33
Passeio ao lado do restaurante safari	2.78	2.78	2.78	16.67
Pavimento #600	19.44	13.89	8.33	8.33
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	25.00	22.22	22.22	25.00
Pavimento degradado	11.11	22.22	22.22	8.33
Pavimento degradado	8.33	19.44	13.89	8.33
Pavimento degradado	11.11	13.89	16.67	8.33
Pavimento Degradado	8.33	16.67	16.67	8.33
Pavimento degradado	8.33	13.89	16.67	8.33
Pavimento degradado/Reparação mal executada	11.11	19.44	19.44	8.33
Pavimento em mau estado de conservação	13.89	19.44	13.89	8.33
Pavimento inadequado e degradado	5.56	11.11	22.22	16.67
Pavimento irregular	2.78	8.33	2.78	8.33
Pavimento muito degradado	16.67	13.89	2.78	8.33
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	11.11	25.00	25.00	8.33
Reparação mal executada	5.56	19.44	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	5.56	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	11.11	13.89	13.89	16.67
Reparações no pavimento mal executadas	13.89	11.11	8.33	8.33

Posteriormente utilizou-se o segundo conjunto de pesos, em que se pretende dar uma maior importância aos aspectos relacionados com a segurança, produzindo a Matriz de Decisão Pesada que se pode observar no Quadro 5.4. bem como as três ocorrências com prioridade de intervenção marcadas a azul (elas também são apresentadas na Figura 5.2, com ordem de prioridade decrescente da esquerda para a direita).

Quadro 5.4 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	4.44	26.67	11.67	30.00
Buraco na estrada	0.56	3.33	3.89	10.00
buraco na via	0.56	30.00	19.44	20.00
Buraco no pavimento	1.67	13.33	15.56	10.00
Fissuras no pavimento	2.22	16.67	27.22	20.00
Mau estado do pavimento	2.22	20.00	19.44	20.00
Mau estado do pavimento	2.22	20.00	23.33	10.00
Passeio ao lado do restaurante safari	0.56	3.33	3.89	20.00
Pavimento #600	3.89	16.67	11.67	10.00
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	5.00	26.67	31.11	30.00
Pavimento degradado	2.22	26.67	31.11	10.00
Pavimento Degradado	1.67	20.00	23.33	10.00
Pavimento degradado	1.67	23.33	19.44	10.00
Pavimento degradado	2.22	16.67	23.33	10.00
Pavimento degradado	1.67	16.67	23.33	10.00
Pavimento degradado/Reparação mal executada	2.22	23.33	27.22	10.00
Pavimento em mau estado de conservação	2.78	23.33	19.44	10.00
Pavimento inadequado e degradado	1.11	13.33	31.11	20.00
Pavimento irregular	0.56	10.00	3.89	10.00
Pavimento muito degradado	3.33	16.67	3.89	10.00
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	2.22	30.00	35.00	10.00
Reparação mal executada	1.11	23.33	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.11	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	2.22	16.67	19.44	20.00
Reparações no pavimento mal executadas	2.78	13.33	11.67	10.00



Figura 5.2 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Pavimentos”, segundo conjunto de pesos).

Na Figura 5.3 observa-se a interface do protótipo SperoBox, aquando da aplicação do conjunto de pesos que privilegia a segurança. Aqui obtêm-se a ordenação da lista de prioridades, e a sua localização no mapa da cidade de Coimbra. Na Figura 5.3 pode-se observar os pesos utilizados, a lista ordenada de prioridades de intervenção e a identificação dos alfinetes com cores no mapa. Também se pode observar o coeficiente de prioridade de cada ocorrência.

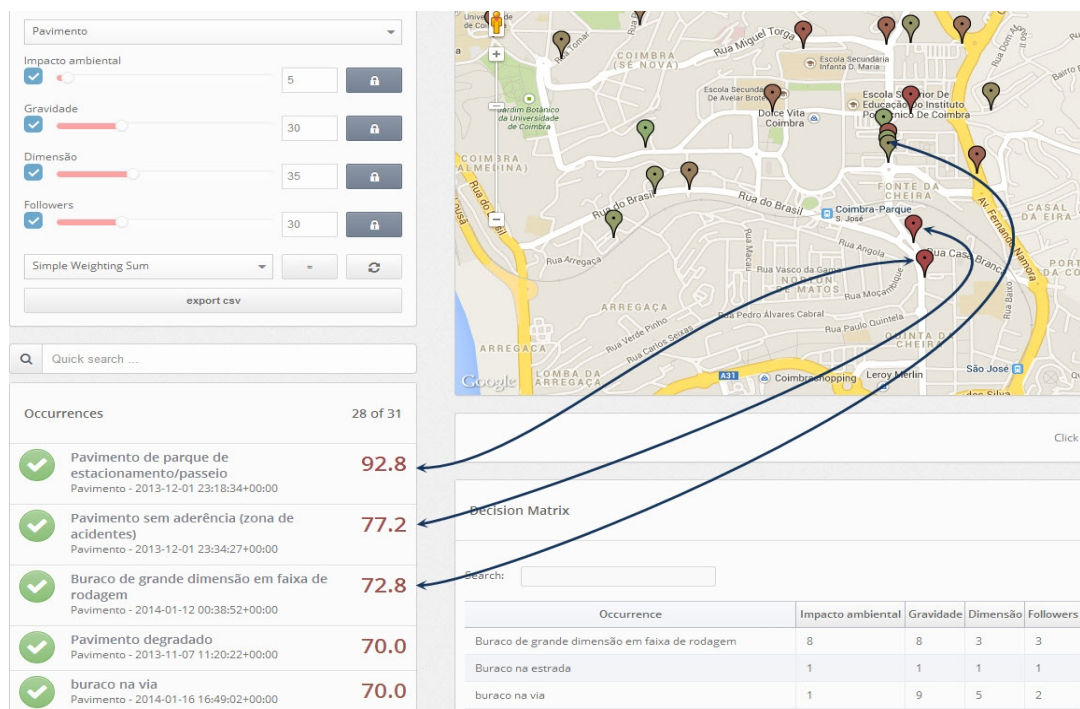


Figura 5.3- Interface da aplicação do método Soma Pesada para a categoria “Pavimentos”.

No Quadro 5.5 observa-se a matriz de decisão pesada para o terceiro conjunto de pesos, sendo que esta privilegia o atributo “Impacto Ambiental”. De salientar que neste caso a ordenação final é idêntica à apresentada para o primeiro conjunto.

Quadro 5.5 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 3º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	35.56	17.78	6.67	20.00
Buraco na estrada	4.44	2.22	2.22	6.67
buraco na via	4.44	20.00	11.11	13.33
Buraco no pavimento	13.33	8.89	8.89	6.67
Fissuras no pavimento	17.78	11.11	15.56	13.33
Mau estado do pavimento	17.78	13.33	13.33	6.67
Mau estado do pavimento	17.78	13.33	11.11	13.33
Passeio ao lado do restaurante safari	13.33	3.33	3.89	20.00
Pavimento #600	31.11	11.11	6.67	6.67
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	40.00	17.78	17.78	20.00
Pavimento degradado	17.78	17.78	17.78	6.67
Pavimento degradado	13.33	15.56	11.11	6.67
Pavimento degradado	13.33	11.11	13.33	6.67
Pavimento degradado	17.78	11.11	13.33	6.67
Pavimento Degradado	13.33	13.33	13.33	6.67
Pavimento degradado/Reparação mal executada	17.78	15.56	15.56	6.67
Pavimento em mau estado de conservação	22.22	15.56	11.11	6.67
Pavimento inadequado e degradado	8.89	8.89	17.78	13.33
Pavimento irregular	4.44	6.67	2.22	6.67
Pavimento muito degradado	26.67	11.11	2.22	6.67
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	17.78	20.00	20.00	6.67
Reparação mal executada	8.89	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	8.89	15.56	11.11	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	17.78	11.11	11.11	13.33
Reparações no pavimento mal executadas	22.22	8.89	6.67	6.67

Após o cálculo das matrizes pesadas para os vários conjuntos de pesos, conclui-se que a ocorrência prioritária é sempre a mesma em todos os casos, embora com coeficientes diferentes. Sendo que se observam algumas alterações nas posições relativas das restantes ocorrências para os vários conjuntos de pesos.

5.1.2 TOPSIS

Para aplicação deste MAD inicialmente o programa apresenta a matriz normalizada que mesmo sendo a categoria utilizada para o método anterior apresenta uma matriz de decisão normalizada diferente pois o protótipo utiliza métodos de normalização diferentes. No Quadro 5.6 é apresentada a matriz de decisão normalizada utilizada para o método TOPSIS.

Quadro 5.6 – Matriz de Decisão Normalizada TOPSIS.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	8	8	3	3
Buraco na estrada	1	1	1	1
buraco na via	1	9	5	2
Buraco no pavimento	3	4	4	1
Fissuras no pavimento	4	5	7	2
Mau estado do pavimento	4	6	5	2
Mau estado do pavimento	4	6	6	1
Passeio ao lado do restaurante safari	1	1	1	2
Pavimento #600	7	5	3	1
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	9	8	8	3
Pavimento degradado	4	8	8	1
Pavimento Degradado	3	6	6	1
Pavimento degradado	3	7	5	1
Pavimento degradado	4	5	6	1
Pavimento degradado	3	5	6	1
Pavimento degradado/Reparação mal executada	4	7	7	1
Pavimento em mau estado de conservação	5	7	5	1
Pavimento inadequado e degradado	2	4	8	2
Pavimento irregular	1	3	1	1
Pavimento muito degradado	6	5	1	1
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	4	9	9	1
Reparação mal executada	2	7	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada	3	5	5	1
Reparação mal executada	2	5	5	1
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	4	5	5	2
Reparações no pavimento mal executadas	5	4	3	1

Para poder ser feita uma comparação com o método anterior, foi aplicado o método TOPSIS para os mesmos conjuntos de pesos do método Soma Pesada, valores apresentados no Quadro 5.1. No Quadro 5.7 é apresentada a matriz de decisão pesada para o primeiro conjunto de pesos utilizada. Como se pode verificar a ocorrência que apresenta o maior coeficiente de prioridade é a mesma que se obteve para o método anterior.

Quadro 5.7 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 1º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	22.22	22.22	8.33	25.00
Buraco na estrada	2.78	2.78	2.78	8.33
buraco na via	2.78	25.00	13.89	16.67
Buraco no pavimento	8.33	11.11	11.11	8.33
Fissuras no pavimento	11.11	13.89	19.44	16.67
Mau estado do pavimento	11.11	16.67	13.89	16.67
Mau estado do pavimento	11.11	16.67	16.67	8.33
Passeio ao lado do restaurante safari	2.78	2.78	2.78	16.67
Pavimento #600	19.44	13.89	8.33	8.33
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	25.00	22.22	22.22	25.00
Pavimento degradado	11.11	22.22	22.22	8.33
Pavimento Degradado	8.33	16.67	16.67	8.33
Pavimento degradado	8.33	19.44	13.89	8.33
Pavimento degradado	11.11	13.89	16.67	8.33
Pavimento degradado	8.33	13.89	16.67	8.33
Pavimento degradado/Reparação mal executada	11.11	19.44	19.44	8.33
Pavimento em mau estado de conservação	13.89	19.44	13.89	8.33
Pavimento inadequado e degradado	5.56	11.11	22.22	16.67
Pavimento irregular	2.78	8.33	2.78	8.33
Pavimento muito degradado	16.67	13.89	2.78	8.33
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	11.11	25.00	25.00	8.33
Reparação mal executada	5.56	19.44	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	8.33	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada	5.56	13.89	13.89	8.33
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	11.11	13.89	13.89	16.67
Reparações no pavimento mal executadas	13.89	11.11	8.33	8.33

De seguida é apresentada a matriz de decisão pesada para a segunda combinação de pesos, no Quadro 5.8. Também para estes pesos a ocorrência prioritária é a mesma que se obtém para o método anteriormente apresentado diferindo na restante ordem da listagem de prioridades (Figura 5.4).

Como esta combinação de pesos é aquela que mais favorece a segurança, e como a categoria em análise é a dos pavimentos, faz todo o sentido ser aquela em que se apresenta o interface do protótipo SperoBox. Na Figura 5.5 pode-se observar o resultado obtido directamente do protótipo. Aqui vê-se a listagem de prioridades obtidas, com os respectivos coeficientes de prioridade, assim como a sua localização no mapa da cidade de Coimbra.

Quadro 5.8 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	4.44	26.67	11.67	30.00
Buraco na estrada	0.56	3.33	3.89	10.00
buraco na via	0.56	30.00	19.44	20.00
Buraco no pavimento	1.67	13.33	15.56	10.00
Fissuras no pavimento	2.22	16.67	27.22	20.00
Mau estado do pavimento	2.22	20.00	19.44	20.00
Mau estado do pavimento	2.22	20.00	23.33	10.00
Passelo ao lado do restaurante safari	0.56	3.33	3.89	20.00
Pavimento #600	3.89	16.67	11.67	10.00
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	5.00	26.67	31.11	30.00
Pavimento degradado	2.22	26.67	31.11	10.00
Pavimento degradado	2.22	16.67	23.33	10.00
Pavimento Degradado	1.67	20.00	23.33	10.00
Pavimento degradado	1.67	23.33	19.44	10.00
Pavimento degradado	1.67	16.67	23.33	10.00
Pavimento degradado/Reparação mal executada	2.22	23.33	27.22	10.00
Pavimento em mau estado de conservação	2.78	23.33	19.44	10.00
Pavimento inadequado e degradado	1.11	13.33	31.11	20.00
Pavimento irregular	0.56	10.00	3.89	10.00
Pavimento muito degradado	3.33	16.67	3.89	10.00
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	2.22	30.00	35.00	10.00
Reparação mal executada	1.11	23.33	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.67	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada	1.11	16.67	19.44	10.00
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	2.22	16.67	19.44	20.00
Reparações no pavimento mal executadas	2.78	13.33	11.67	10.00



Figura 5.4 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “TOPSIS”, categoria “Pavimentos”, segundo conjunto de pesos).

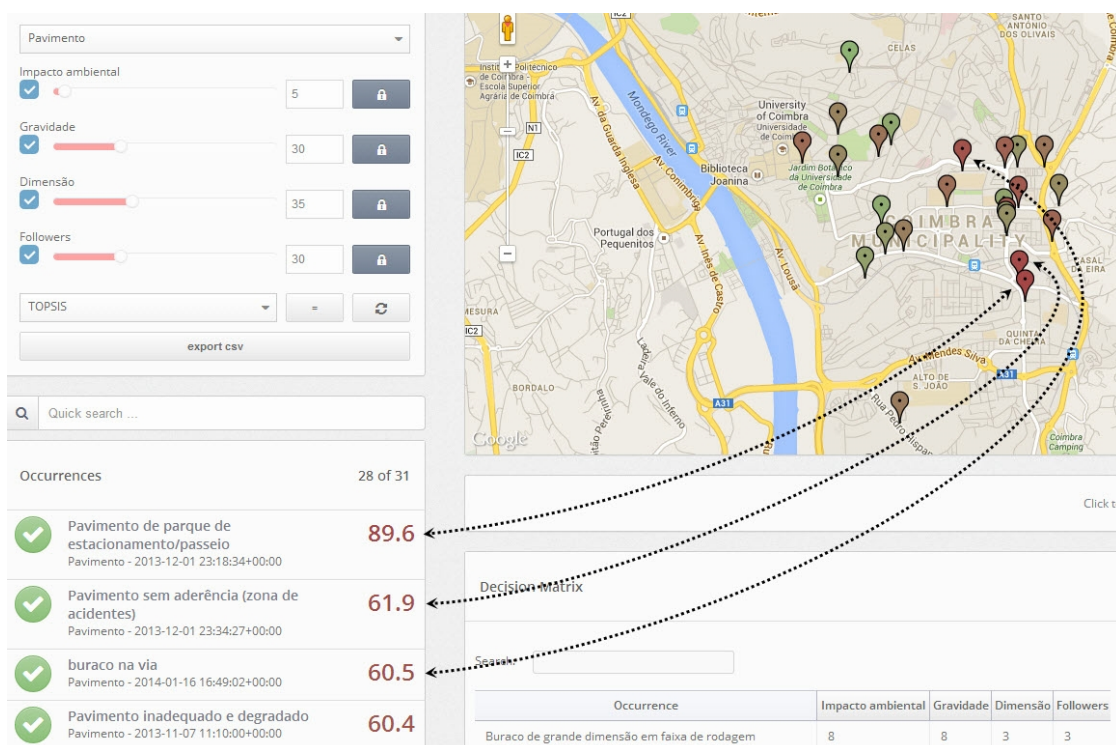


Figura 5.5 – Interface da aplicação do método “TOPSIS” para a categoria “Pavimentos”.

Relativamente à categoria “Pavimentos”, com a utilização da segunda combinação de pesos é possível concluir que embora a ocorrência com índice de intervenção superior seja sempre o mesmo para ambos os métodos aplicados, após a terceira posição a posição das ocorrências altera-se de um método para o outro, devido às características associadas a cada um dos métodos.

Por fim é apresentada a matriz de decisão pesada para o terceiro conjunto de pesos, conjunto este que privilegia os aspectos ambientais. No Quadro 5.9 é apresentada a matriz de decisão pesada, onde se pode observar que a ocorrência com o coeficiente de prioridade mais elevado é “Pavimento do parque de estacionamento/passeio”, que coincide com o obtido no método anterior e nos restantes conjuntos de pesos, à semelhança das ocorrências que se lhe seguem.

Quadro 5.9 – Matriz de Decisão Pesada, com utilização do 2º conjunto de pesos.

Ocorrência	Impacto Ambiental	Gravidade	Dimensão	Seguidores
Buraco de grande dimensão em faixa de rodagem	35.56	17.78	6.67	20.00
Buraco na estrada	4.44	2.22	2.22	6.67
buraco na via	4.44	20.00	11.11	13.33
Buraco no pavimento	13.33	8.89	8.89	6.67
Fissuras no pavimento	17.78	11.11	15.56	13.33
Mau estado do pavimento	17.78	13.33	11.11	13.33
Mau estado do pavimento	17.78	13.33	13.33	6.67
Passeio ao lado do restaurante safari	2.78	2.78	2.78	16.67
Pavimento #600	31.11	11.11	6.67	6.67
Pavimento de parque de estacionamento/passeio	40.00	17.78	17.78	20.00
Pavimento degradado	17.78	17.78	17.78	6.67
Pavimento degradado	17.78	11.11	13.33	6.67
Pavimento Degradado	13.33	13.33	13.33	6.67
Pavimento degradado	13.33	15.56	11.11	6.67
Pavimento degradado	13.33	11.11	13.33	6.67
Pavimento degradado/Reparação mal executada	17.78	15.56	15.56	6.67
Pavimento em mau estado de conservação	22.22	15.56	11.11	6.67
Pavimento inadequado e degradado	8.89	8.89	17.78	13.33
Pavimento irregular	4.44	6.67	2.22	6.67
Pavimento muito degradado	26.67	11.11	2.22	6.67
Pavimento sem aderência (zona de acidentes)	17.78	20.00	20.00	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	13.33	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada	8.89	15.56	11.11	6.67
Reparação mal executada	8.89	11.11	11.11	6.67
Reparação mal executada e pavimento em mau estado	17.78	11.11	11.11	13.33
Reparações no pavimento mal executadas	22.22	8.89	6.67	6.67

5.2 Análise de Prioridades de Intervenção – Categoria Passeios

Também para a categoria Passeios foi feita uma análise multicritério, sendo que foram utilizados os dois métodos disponíveis no protótipo. Desta vez para cada método utilizado escolheram-se combinações de pesos diferentes. Na aplicação do método soma pesada foram escolhidos pesos que favoreciam o carácter ambientalista da análise, dando assim mais peso ao critério “impacto ambiental”.

Na aplicação do método TOPSIS foram utilizados pesos que favoreciam a questão da segurança, dando assim mais peso aos critérios “gravidade” e “dimensão”.

Como forma de exemplificar a utilização do protótipo, para esta categoria optou-se por mostrar directamente aquilo que o SperoBox apresenta.

5.2.1 Soma Pesada

Na utilização deste método deu-se ênfase ao carácter ambiental das ocorrências. Na Figura 5.6 observa-se a interface completa que o protótipo disponibiliza. Após a escolha dos pesos de cada critério e a escolha do método, o protótipo executa o método e apresenta os resultados em diversas formas. Apresenta a matriz de decisão normalizada e a matriz de decisão normalizada pesada que dá origem aos coeficientes que se podem ver na Figura 5.6. Estes são apresentados com uma cor, que corresponde à do respectivo alfinete no mapa onde são representadas as localizações de todas as ocorrências analisadas obedecendo ao referido

código de cores. Na Figura 5.7 apresenta-se as três ocorrências com maior prioridade de intervenção.

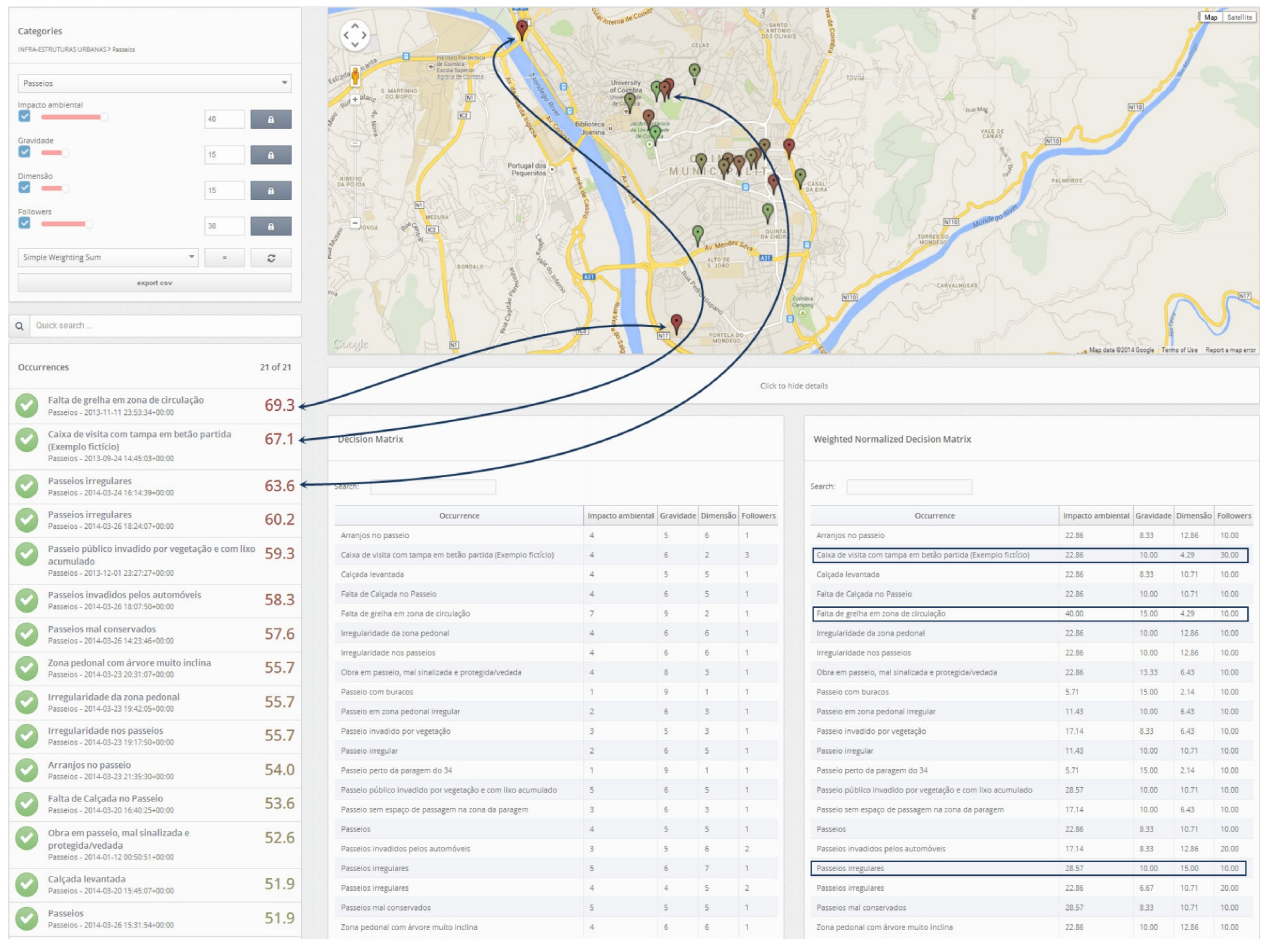


Figura 5.6 – Interface da aplicação do método Soma Pesada para a categoria “Passeios”.

Assim, após a aplicação do método, como é habitual, fica-se a conhecer a lista de prioridade de intervenção. A ocorrência com a designação “Falta de grelha em zona de circulação” é aquela que apresenta um coeficiente mais elevado de prioridade.



Figura 5.7 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “Soma Pesada”, categoria “Passeios”).

5.2.2 TOPSIS

Para a aplicação do método TOPSIS utilizou-se uma combinação de pesos que privilegia a segurança, dando assim mais relevo aos critérios “gravidade” e “dimensão”. Após a aplicação do método o protótipo apresentou a matriz de decisão normalizada e a matriz de decisão pesada normalizada. Neste caso a situação com prioridade mais elevada é “Passeios invadidos pelos automóveis”, que causa perigo para os utilizadores que tenham de utilizar a estrada em vez do passeio (ver Figura 5.8).

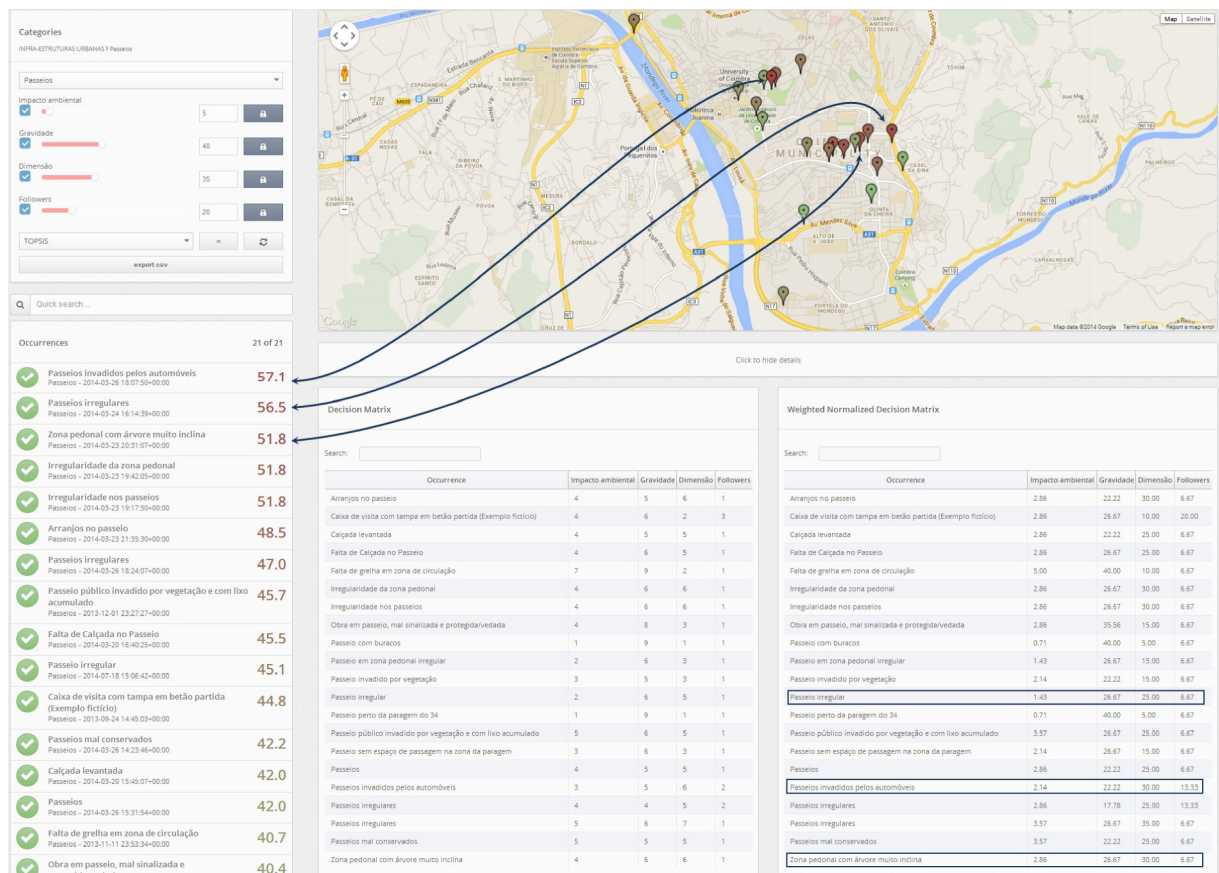


Figura 5.8 – Interface da aplicação do método TOPSIS para a categoria “Passeios”.

Na Figura 5.9 observam-se as três ocorrências com maior prioridade de intervenção, apresentando-se da esquerda para a direita com ordem decrescente de prioridade de intervenção.



Figura 5.9 – Ocorrências com maior prioridade de intervenção (método “TOPSIS”, categoria “Passeios”).

De salientar que foram utilizados as duas combinações de pesos para os dois métodos, sendo que a listaga de prioridade é parecida, pois existem algumas alterações na ordem das ocorrências.

Após a análise das duas categorias escolhidas verificam-se alguns aspectos em comum. Começando pela categoria “Pavimentos”, constata-se que de método para método as alterações são pouco significativas, assim como para as diferentes combinações de pesos. Isto deve-se ao facto de os métodos utilizados terem metodologias próximas.

Quanto ao critério “seguidores”, que representa o impacto social das ocorrências, não foi muito relevante pelo facto de o protótipo ser recente e ainda não usufruir de muitos utilizadores. No que diz respeito à categoria “Passeios” os resultados foram diferentes de método para método, muito por causa de nesta categoria ter-se utilizado pesos diferentes para cada método.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A temática da gestão de infra-estruturas urbanas é deveras ampla, complexa e multidisciplinar, encontrando-se em contínua evolução. Após a realização deste trabalho verifica-se a importância e a utilidade que um sistema como o SperoBox tem na gestão de infra-estruturas urbanas. Não só pelo facto de permitir que todo o tipo de ocorrências encontradas em meio público, que necessitam de atenção por partes das entidades responsáveis, sejam relatadas e armazenadas numa base de dados, mas também permitir a aplicação de MAD que ajudam os agentes decisores em relação à prioridade de intervenção para as ocorrências publicadas.

Muitas das nossas cidades não possuem qualquer tipo de sistema que permita identificar todo o tipo de ocorrências que necessitam de intervenção. O protótipo utilizado nesta dissertação permite não só fazer a identificação de situações que necessitam de ser reparadas, como também permite dar a voz aos utilizadores do meio urbano, sendo estes aqueles que mais o utilizam e compreendem as necessidades e carências.

Cada vez mais os agentes decisores recebem uma maior pressão por parte dos cidadãos, e com a ferramenta SperoBox os cidadãos de forma sustentada e documentada, através de fotografias e descrições que são devidamente georreferenciada, possuem uma forma de confirmar que as situações são do conhecimento das entidades responsáveis. O SperoBox trata-se de uma ferramenta de apoio às tomadas de decisão, introduzindo racionalidade e objectividade na análise das ocorrências.

Após a aplicação dos métodos para as categorias com mais ocorrências publicadas retiraram-se algumas ilações. Para a categoria “Pavimentos” com aplicação de cada um dos métodos utilizaram-se várias combinações de pesos, uma combinação para dar realce aos aspectos de segurança, outra para atender mais às questões ambientais na prioridades das intervenções. Estas combinações de pesos, permitem avaliar a robustez das soluções obtidas, até porque existe sempre um grau elevado de incerteza associado à definição dos pesos/importância de cada critério/atributo. Para as diferentes combinações de pesos utilizaram-se os dois métodos disponíveis no protótipo, obtendo-se listagens de prioridades de intervenção para cada método diferentes. Como seria de esperar estes dois métodos conduzem a indicadores numéricos de prioridade de intervenção para cada ocorrência distintos (diferentes formas de cálculo),

todavia nota-se que, em geral, é idêntica a posição relativa de cada ocorrência na lista de prioridades, sendo esse posicionamento na ordenação aquilo que mais importa.

O protótipo SperoBox possui um SDSS incorporado, que é o que permite a determinação das prioridades de intervenção das ocorrências analisadas. O protótipo permite a exportação das matrizes de decisão em formato adequado, que posteriormente poderão ser usadas em análises com outro tipo de MAD mais sofisticados, usando sistemas como o MATRIX (este importa directamente a informação gerada pelo Sperobox, disponibilizando uma grande variedade de métodos de análise multicritério, como por exemplo os da família ELECTRE).

Um possível trabalho futuro e de aprofundamento do tema de gestão de infra-estruturas urbanas seria baseado no recurso às funções de exportação de dados oferecidas pelo SperoBox com vista ao seu uso em outras ferramentas de análise multicritério mais sofisticados como as que são disponibilizadas pelo MATRIX.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcatel-Lucent (2012). “Getting Smart About Smart Cities”, Alcatel-Lucent – Market Analysis.
- Alcatel-Lucent (2012). “ICT Infrastructure as Key Enabler of Smart Cities”, European Smart Cities Project.
- Al-Hader, M. e Rodzi, A. (2012). “The Smart City Infrastructure Development & Monitoring”, Theoretical and Empirical Researches in Urban Management (TERUM) 2(11).
- Arnold, U. (2008). “Urban Infrastructure Management”, Bauhaus – Universität Weimar, Alemanha.
- AuYeung, B., Yigitcanlar, T. e Mayere, S. (2010). “Integrated Sustainable Urban Infrastructure Management: The Brisbane Urban Growth Model”, IGI Global.
- Burkhardt, J. e Gallant, G. (1994), “Infrastructure balance sheet: Concept and proposal. A Proposal to the City of Indianapolis”. EUA.
- Burns, P., Hope, D. e Roorda, J. (1998). “Managing Infrastructure for the Next Generation”, Automation in Construction 8, pp. 689 – 703.
- Button, K. (2002). “City Management and Urban Environmental Indicators”, Ecological Economics 40, pp.217 – 233.
- Coutinho-Rodrigues, J. (2008). “Apontamentos de Gestão de Empreendimentos”, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Coutinho-Rodrigues, J. (2012). “Gestão de Empreendimentos – A Componente de Gestão da Engenharia”, ed. IDTec, Coimbra, Portugal.
- Diário as Beiras@, (2014). <http://www.asbeiras.pt/2014/04/parte-do-telhado-de-habitacao-da-se-velha-caiu/>. “Parte do telhado de habitação da Sé Velha caiu”, Diário as Beiras.
- Diário de Coimbra@ (2013). <http://www.diariocoimbra.pt/>. “Cirurgião Indemnizado por Queda em Passeio”, Diário de Coimbra.
- Heinberg, R. (2010). “What is a Sustainable City?”, The Edmund Sustainability Papers, May 2010.
- Inteli@ (2014). <http://www.inteli.pt/pt>. Inteli, Portugal.
- ipts@ (2014). <https://ec.europa.eu/jrc/en/institutes/ipts>. Institute for Prospective Technological Studies.

-
- Jornal Público@ (2014). <http://www.publico.pt/>. “Queda de muro mata três estudantes na Universidade do Minho”, Jornal Público.
- Lemer, A. e Wright, J. (1997). “Developing a Comprehensive Infrastructure Management System”, NRCC/CPWA Seminar Series – Innovations in Urban Infrastructure.
- Loscher, P. (2010). “Sustainable Cities – Sustainable Development for Urban Infrastructures”, Siemens AG, Munique, Alemanha.
- Loucks, P., van BEEK, E. (2005): “Water Resources Systems Planning and Management”, UNESCO Publishing and WL Delft Hydraulics.
- Nola-Kate, S. (2008). “Implementing Sustainability and Changing Behaviour”, Solar Cities Congress, Vancouver, Canadá.
- one-europe@ (2014), <http://one-europe.info/civil-society-for-a-participatory-democracy>. “Civil Society for a Participatory Democracy”, One-Europe.
- Palmer, D. (2012). “Standards for Smart Cities and Infrastructure”, BSI Group.
- Pierre-Alain, S. (2009). “Infrastructure to 2030: Opportunities and Challenges”, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).
- RENER@ (2014). <http://www.rener.pt/>. Rener, Portugal.
- Rodrigues, J. (2012). “The Geography of Transport Systems”, Hofstra University, Nova Iorque, EUA.
- Siemens AG (2011). “Solutions for Smart Cities”, Innovation@Siemens Meets, Berlim, Alemanha.
- Smartcitiesportugal@ (2014). <http://smartcitiesportugal.net/>. Smartcities, Portugal.
- SPEROBOX@ (2014). <http://www.sperobox.com/>. SPEROBOX, Coimbra, Portugal.
- Stahl, G. e Spinaci, G. (2010). “Europe 2020; Multi-level Governance in Action”, Challenge Europe, European Policy Centre.
- Tasan-Kok, T. e Vranken, J. (2012). “Handbook for Multilevel Urban Governance in Europe”, European Urban Knowledge Network, Holanda.
- União Europeia (EU) (2011). “Cities of Tomorrow – Challenges, visions, ways forward”, EU, Regional Policy, Bruxelas, Bélgica.
- United Nations – Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN – ESCAP), (2011). “Improving City Infrastructure Management in Uzbekistan: Problems and Search for New Mechanisms and Instruments.
- World Bank (2014). “Participation and Partnership in Urban Infrastructure Management”, Urban Management Program Policy Paper, World Bank.
- Yigitcanlar, T. (2008). “Urban Management Revolution: Intelligent Management Systems for Ubiquitous Cities”, The International Symposium on Land, Transport and Marine Technology, Seul, Coreia do Sul.