



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

Componente de ruído ambiental em smart cities

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na
Especialidade de Construções

Autor

Mónica Beatriz Ferreira Mendes

Orientadores

Paulo Jorge Rodrigues Amado Mendes

Luís Manuel Cortesão Godinho

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, 2016

AGRADECIMENTOS

O meu percurso académico não foi fácil, assim como na vida teve altos e baixos, mas teve sempre repleto de amigos e família que merecem o meu agradecimento.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais pela preocupação e apoio incondicional, mas essencialmente pelo espírito lutador que têm e que me transmitiram da melhor maneira. Quero também agradecer á minha irmã, sempre rezingona, mas ao mesmo tempo sempre disposta a ajudar. E ao meu irmão (“miúdo”, segue os teus sonhos como eu segui os meus, a mana Mónica vai estar sempre aqui), porque sem ti não era a mesma coisa.

Em segundo lugar agradecer aos meus avós por me deixarem ser criança, que tanto me ensinaram e que me tornam na pessoa que sou hoje.

Agradecer à minha Tia pela disponibilidade incondicional, ao meu Tio pelos conhecimentos que me transmitiu e que sempre me cativaram e, por fim, à Sandra Bom por toda a amizade.

Lugar agora para agradecer à Liliana Relvão, à Vera Matias e à Nádia Bica pelas infindáveis horas de estudo, pelo companheirismo e pela amizade. Quero ainda agradecer às minhas actuais companheiras de “guerra”, Mariana Busano, Marília Teixeira, M^a do Rosário, Sara Videira, Raquel Patrícia Amorim, Cátia Ferreira, Lúcia Mendes e Carla Estanqueiro, por TUDO.

Fazer um agradecimento muito especial ao Luís Marques: ensinaste-me muito, estiveste incondicionalmente ao meu lado, não te posso exigir mais, resta-me apenas agradecer-te.

Nesta lista de agradecimentos há lugar também para agradecer ao Sr. Ricardo, sempre pronto para me animar, e a todos os restantes funcionários do DEC que estão sempre prontos a ajudar.

Um último, mas não menos importante, agradecimento, especial e sincero, aos professores Paulo Jorge Rodrigues Amado Mendes e Luís Manuel Cortesão Godinho, pela incrível disponibilidade em me ensinar e ajudar ao longo deste trabalho, e não só.

RESUMO

Uma *smart city* é uma cidade que tem na sua essência a introdução da tecnologia em todos os seus campos, a fim de facilitar ao Homem a acessibilidade, o conforto e a qualidade de vida. A busca das cidades em atingir este patamar de “inteligência” é cada vez mais frenética, tal deve-se ao crescimento da população urbana, uma vez que se estima que mais de 50% da população mundial habita em centros urbanos.

Sendo o Homem a máxima de uma cidade inteligente é importante perceber como é que este se sente no seu habitat. Assim o conforto do cidadão tem ganho importância, em especial o conforto acústico. O incómodo sentido pelo homem quando sujeito a certos ruídos ambientes é uma componente tratada nas *smart cities*, visto que a intervenção da tecnologia pode ajudar a devolver ao homem o conforto auditivo necessário.

Assim, a presente dissertação pretende perceber como é que este novo conceito de *smart city* ajuda a tornar as cidades mais atractivas. Essencialmente este trabalho tem como objectivo dar a conhecer esta nova ideologia e perceber como é que ela se relaciona com as cidades e com todos os seus componentes.

É ainda no contexto desta nova era das cidades, que se pretende, com este estudo, compreender qual a função do ruído nas cidades. Perceber como ele afecta o cidadão e como podemos ajudar o homem a sentir-se “acusticamente confortável” na cidade. Para que tal aconteça é necessário desenvolver uma eficiente caracterização do ruído ambiente numa cidade; é necessário conhecer as fontes de ruído, os meios de propagação e a sensibilidade do receptor, para que as medidas mitigadoras sejam as mais eficazes possíveis.

Desta forma, a investigação levada a cabo pretende fundamentar a importância da poluição sonora, recorrendo a cidades em que este fenómeno já é tratado. Pode-se, assim, mostrar as vantagens que a mitigação do ruído e a interacção deste com a tecnologia podem ter para uma cidade.

ABSTRACT

A Smart City is, essentially, a city that introduces technology in all its fields, in a way to facilitate the every-day-man accessibility, comfort and life quality. Every day Cities search for this level of “intelligence”, so much that nowadays this search is frenetic. This phenomenon occurs due to the growth of urban population, since it is estimated that over 50% of the world population lives in urban centers.

Being the man the maximum of a smart city, it is important to understand how he feels in his habitat. Thus the citizen comfort has become increasingly important, especially acoustic comfort. The discomfort felt by the man when subjected to certain ambient noise is a component treated in smart cities, as the intervention of technology can help restoring the necessary listening comfort.

Thus, the present dissertation aims to understand how this new smart city concept helps make the cities more attractive. Essentially this work aims to publicize this new ideology and realize how it relates to cities and all its components.

It is still in the context of this new era of cities, that this study intends to understand what is the function of noise in cities. See how it affects citizens and how we can help citizen to feel "acoustically comfortable" in the city. For this to happen it is necessary to develop an efficient characterization of ambient noise in a city; we must know the sources of noise, the means of propagation and the receiver sensitivity, so that mitigating measures are the most effective possible.

Thus, the research carried out aims to support the importance of noise pollution, using cities in which this phenomenon is already being treated. In this way we can show the advantages that the noise mitigation and interaction with this technology can bring for a city.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE	iv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificação do tema.....	1
1.2 Objectivos.....	2
1.3 Estruturação da tese	3
2 SMART CITY	4
2.1 Compreender o conceito de smart city.....	4
2.2 O surgimento das smart cities.....	5
2.3 Estratégias de desenvolvimento de uma smart city	6
2.4 Componentes lógicos de uma smart city.....	7
2.4.1 Governo e cidadãos.....	9
2.4.2 Economia.....	9
2.4.3 Desenho urbano	10
2.4.4 Tecnologia.....	11
2.4.5 Meio ambiente	11
2.5 Normalização para smart cities.....	12
2.6 Iniciativas para a promoção das smart cities	13
2.6.1 Big smart cities	13
2.6.2 Projecto novelog	14
3 RUÍDO AMBIENTE EM SMART CITIES.....	17
3.1 Conforto acústico.....	17
3.2 Noções básicas sobre acústica.....	17
3.2.1 Propagação do som.....	17
3.2.2 Resposta do ouvido humano ao som.....	21
3.3 Avaliação do ruído ambiente.....	24
3.4 Normalização para a componente de ruído	26
3.5 Mapas de ruído	28
3.6 Medidas de mitigação de ruído ambiente.....	30
3.6.1 Medidas de atenuação na fonte.....	31
3.6.2 Medidas de atenuação no meio de propagação	31
3.6.3 Medidas de atenuação no receptor.....	33
3.7 Iniciativas para a promoção do controlo e redução do ruído ambiente	34
3.7.1 Projecto EAR-IT.....	34

3.7.2	Projecto i-Scope.....	36
3.7.3	Aplicações móveis	38
4	CASOS DE ESTUDO	43
4.1	Cidade de Coimbra	44
4.2	Cidade do Porto	48
4.3	Cidade de Santander	52
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificação do tema

Um dos princípios de hoje em dia é aumentar a qualidade de vida de forma segura e sustentável. Esta é uma máxima que tem particular importância nos centros urbanos, devido às elevadas taxas de crescimento das populações que têm originado grandes carências nos mais diversos domínios.

Uma cidade é um campo multidisciplinar bastante amplo, mas se reflectirmos sobre a pirâmide de prioridades de cada cidade concluímos facilmente que no topo estão sempre os seus habitantes. E é devido a eles que se inicia esta busca incessante pelas *smart cities*.

As cidades inteligentes são um conceito jovem que nasce devido à interacção da tecnologia com o Homem e com a cidade. Este tema tem particular relevância porque as cidades inteligentes são um assunto bastante actual.

A questão da qualidade de vida que uma cidade oferece é hoje devidamente considerada por todas as cidades, só que nem todas entendem este conceito da mesma forma. Muitos centros urbanos consideram que são cidades ideais para viver porque oferecem uma vasta rede de transportes públicos eficiente, uma facilidade de acesso à educação e à cultura, um elevado nível de segurança, uma qualidade habitacional excepcional, uma eficiência energética notável, um sistema de saúde com uma resposta extremamente positiva, mas muitas delas esquecem que o conforto acústico é uma questão decisiva para a escolha de uma local para viver.

As perturbações sonoras a que o Homem está sujeito no seu dia-a-dia numa cidade são uma matéria a que, felizmente cada um de nós começa a estar cada vez mais atento, seja porque nos sentimos desconfortáveis ou até mesmo por questões de saúde.

Numa cidade produzem-se inúmeros sons e ruídos mas todos eles podem ser mitigados, quando tratados e compreendidos com a importância devida. A elevada exposição a níveis de ruído em caso excepcionais pode inclusivamente, em casos extremos, matar.

1.2 Objectivos

É no contexto acima apresentado que se insere o trabalho desenvolvido. Nele procura-se primeiramente conhecer um pouco mais deste novo conceito de *smart city*. Perceber qual a sua origem, qual a sua definição, qual o objectivo da sua aplicação e quais os campos em que se pode actuar para se alcançar o objectivo pretendido.

Com o desenvolver deste estudo, é fácil concluir que hoje em dia a sustentabilidade é a base de tudo, uma cidade sustentável é uma cidade que oferece um maior conforto e uma maior qualidade de vida, factores decisivos no que toca à escolha de uma cidade para se viver.

Mas é importante perceber que uma cidade sustentável não é uma cidade inteligente. Uma cidade sustentável é uma cidade projectada no sentido de respeitar e cuidar os recursos naturais e que dão especial importância às gerações vindouras, ou seja, este tipo de cidades são desenvolvidas segundo a definição de desenvolvimento sustentável, que diz que: o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras darem resposta às suas próprias necessidades (Relatório Brundtland: O Nosso Futuro Comum, 1987). Uma cidade inteligente tem uma conotação muito mais abrangente.

De acordo com esta nova conjuntura, neste trabalho tira-se partido de um assunto que tem tomado a cada dia mais importância, o conforto acústico. Neste ponto o estudo centra-se em definições tais como, ruído, som, conforto acústico, em questões de tratamento de ruído ambiental em cidades inteligentes e em medidas de mitigação de ruído ambiental.

No âmbito desta questão do ruído ambiental, a investigação tenta também perceber se realmente o tema do incómodo auditivo sentido pelo cidadão é ou não uma questão que realmente é desconhecida por parte das autoridades competentes ou se é apenas um assunto que as cidades deixam para segundo plano.

A fim de se perceber concretamente toda esta temática, a presente pesquisa procura encontrar centros urbanos *smart* que façam um uso correcto da tecnologia acústica já existente para compreender como é que o ruído ambiente interfere com cada Ser humano e desta forma desenvolver propostas que salvaguardem os cidadãos e que tornem as cidades mais “apetecíveis”.

1.3 Estruturação da tese

Para além do actual capítulo que se configura como sendo o capítulo introdutório, que pretende dar uma ideia geral do tema, esta dissertação contém um último capítulo onde são apresentadas todas as conclusões que são retiradas deste estudo, restando apenas mais três grandes capítulos.

O capítulo 2 fala sobre o novo conceito de *smart city*. Esta secção pretende responder a perguntas cada vez mais pertinentes sobre esta nova temática, tais como, o que significa, como surgiu, o porquê de todas as cidades procurarem ser *smart*, qual a sua importância, quais as suas áreas de actuação, basicamente este capítulo faz uma apresentação detalhada do que é uma cidade inteligente.

O terceiro capítulo é o que dá nome a esta dissertação e é um tópico mais específico em que se dá apenas atenção à componente do ruído nas cidades, tendo como objectivo compreender este tema do conforto acústico, através da compreensão detalhada de conceitos fundamentais, de fórmulas de cálculo de níveis sonoros de ruído e ainda da legislação e normalização que fazem um controle desta problemática.

Por fim no capítulo 4 são apresentados e devidamente analisados alguns casos de estudo. Neste ponto dá-se prioridade a cidades que são consideradas como cidades inteligentes e tenta-se perceber como é que estas fazem uso da tecnologia para ajudar a caracterizar uma cidade ao nível do seu ruído ambiental. Ainda neste ponto tenta-se perceber como é que a caracterização ambiental ajuda a contornar os problemas de ruído e qual a eficiência das medidas mitigadoras adoptadas.

2 SMART CITY

2.1 Compreender o conceito de smart city

O mundo está em constante mudança e as cidades sentem-se obrigadas a acompanhar este ritmo alucinante, a história da evolução das cidades é escrita através do conhecido aprofundamento das relações internacionais ao nível da economia, da sociedade, da cultura e da política, que atende pelo nome de globalização. Este fenómeno levou à liberalização do comércio, a rápidas mudanças na tecnologia e causou impactos no desenvolvimento de cada cidade.

O emergir da União Europeia, acaba por vir a intensificar este fenómeno, observando-se uma contínua redução das diferenças entre as nações, tornando as cidades cada vez mais semelhantes. As cidades Europeias têm que encarar desafios tais como a competitividade e o desenvolvimento urbano sustentável, que lhes provoca alterações na qualidade de vida urbana, nas condições ambientais e até mesmo no seu próprio perfil.

Todas estas necessidades de alteração que cada cidade compreende levaram a um novo conceito, o conceito de *smart city*. Este jovem título que se atribui às cidades, embora seja já muito usado não abraça ainda uma única definição, nem uma única designação. Existem variados estudos sobre esta temática, mas cada um deles propõe um diferente sentido literário para este conceito.

São vários os autores que desenvolveram estudos sobre esta ideologia, e com base na indecisão da conotação deste tema acabam por assemelhar o conceito de *smart city* com cidade inteligente, cidade tecnológica, cidade do conhecimento, cidade da informação, cidade digital e cidade omnipresente.

A autora Angelidou (2014) sugere que uma cidade inteligente é um espaço urbano que através de um esforço consciente é capaz de difundir uma rede de tecnologias de informação e comunicação, que coloca a cidade no caminho correcto para alcançar a prosperidade, a eficácia e a competitividade sobre os múltiplos níveis socioeconómicos, esta mesma autora Angelidou (2015) propõe que uma cidade inteligente representa um campo multidisciplinar de desenvolvimento urbano baseado no avanço da tecnologia, no desenvolvimento económico e

na qualidade de vida do Ser Humano. Já num estudo efectuado por Giffinger et al. (2007) esta ideia de cidade inteligente abrange a capacidade que cada cidade tem em promover o seu bom desempenho, através da combinação das suas próprias actividades e da consciencialização dos seus próprios habitantes. O estudioso Hall (2000) considera que uma cidade inteligente é capaz de monitorar e integrar as condições de todas as suas infra-estruturas, como por exemplo estradas, pontes, túneis, trilhos, metros, aeroportos, portos marítimos, comunicações, água e energia. Este estudo afirma ainda que uma cidade com este rótulo será capaz de otimizar os seus recursos, prevenir e planear actividades de manutenção e ainda tem em conta aspectos relativos à segurança dos seus habitantes, enquanto maximiza serviços que tem que prestar a cada cidadão. Segundo Harrison et al. (2010) uma cidade inteligente tem o seu núcleo permanentemente ligado à tecnologia, à sociedade e às empresas, de forma a alavancar o avanço colectivo da cidade.

Fazendo uma junção de todas estas definições é possível compreender que uma *smart city* é um “universo” onde se pretende usufruir de um meio urbano eficiente e equilibrado com a competitividade económica, as necessidades das comunidades e a sustentabilidade, mas tudo isto só é possível se cada uma destas áreas fizer um uso competente da tecnologia.

2.2 O surgimento das smart cities

A necessidade de uma *smart city* começa a ser evidente após a revolução industrial, na década de 1850 devido aos efeitos dos avanços tecnológicos, e desta forma verifica-se uma carência de mudança ao nível da sociedade, da economia e da organização urbana. Após este progresso da tecnologia foram vários os autores que fizeram propostas para a concepção de cidades ideais, sempre baseados numa visão futurista que considerava a evolução da tecnologia, da economia e da indústria ponderada com o equilíbrio das necessidades das comunidades.

A Segunda Guerra Mundial veio destruir esta visão futurista, no entanto devido ao desenvolvimento caótico das cidades subúrbio, volta a aumentar a necessidade de criar condições de vida adequadas a cada Ser humano. Novas propostas são desenvolvidas, tendo sempre em conta o desenvolvimento da tecnologia e os avanços e retrocessos da economia. Estas novas propostas traziam enormes mudanças, uma vez que o modelo ideal de cidade comportava uma rede tecnológica de equidade social, dependente do meio ambiente, da economia, da energia e da sustentabilidade.

Actualmente, visto que o desenvolvimento da tecnologia é visível e acessível em tempo real por todos nós, podemos concluir que as cidades inteligentes são moldadas pela capacidade de oferta de tecnologia.

2.3 Estratégias de desenvolvimento de uma smart city

Esta busca incessante por uma cidade inteligente é regida por infinitas tomadas de decisões. Existem inúmeras formas de influenciar uma tomada de decisão quando toca a criar um projecto para que uma cidade seja mais “inteligente”. A nossa própria opinião pessoal, ou o nosso próprio conhecimento sobre a cidade pode tornar-nos sépticos relativamente à capacidade de mudança. No entanto, a equipa terá sempre elementos com carácter e opiniões diferentes e o debate de ideias contorna este tipo de influência mais pessoal.

Mas existem factores que condicionam a escolha das estratégias de desenvolvimento das cidades, que não dependem de qualquer opinião pessoal e que têm que ser observados detalhadamente, factores esses que foram estudados pela investigadora Angelidou (2014) que se traduzem no nível de aplicação do projecto, na idade da cidade, na forma como queremos promover a prosperidade económica e ainda na aplicabilidade das suas infra-estruturas.

No referido estudo podemos recolher informação sobre as seguintes estratégias:

- Estratégias aplicadas a um nível nacional VS. Estratégias aplicadas a um nível local;
- Estratégias de desenvolvimento urbano aplicadas a cidades completamente novas VS. Estratégias de desenvolvimento urbano aplicadas a cidades já existentes;
- Estratégias económicas aplicadas ao sector VS. Estratégias económicas aplicadas à geografia;
- Estratégias aplicadas a infraestruturas duras VS. Estratégias aplicadas a infraestruturas macias.

O nível de aplicação do projecto prende-se com a dimensão espacial do centro urbano, e este deve ser o ponto de partida, uma vez que a escolha ou até mesmo a aplicabilidade de uma estratégia pode vir a ser inviabilizada se não tivermos a completa noção da dimensão da nossa cidade. Desta forma entende-se por estratégias aplicadas a um nível nacional, estratégias destinadas a um país ou uma nação inteira. Já as estratégias aplicadas a um nível mais local serão aplicadas a uma cidade, uma região ou um município.

A questão da idade das cidades no que toca ao desenvolvimento urbano é também relevante. O desenvolvimento urbano é uma problemática pertinente visto que é através dela que se pretende alavancar o correcto crescimento das cidades, assim temos que ter em conta que a maioria das cidades está já edificada, e que nenhuma delas foi fundada a pensar que hoje teria que sofrer uma mudança, por exemplo ao nível da sua própria organização, em alguns casos radical. Nem todas as cidades compreendem as mesmas estratégias, há que se fazer uma análise prévia e detalhada do seu perfil para podermos direccionar o melhor caminho a tomar. No entanto temos casos como a cidade de Masdar em Abu Dhabi, nos Emirados Árabes

Unidos, que é uma cidade que está a ser construída de raiz para ser uma *smart city*. Claro que neste caso o caminho a seguir para a tomada de decisões é completamente diferente do anterior.

As estratégias aplicadas à economia são sempre estratégias que pretendem melhorar o desempenho e a eficácia económica de uma cidade, de forma a aumentar a receita e a diminuir os gastos. Estas estratégias podem ser aplicadas em duas áreas distintas das cidades. Estratégias económicas aplicadas ao sector são estratégias que promovem o desenvolvimento inteligente de áreas de negócio como o comércio, a educação, a saúde, as habitações, os governos e as comunidades. Estratégias económicas aplicadas à geografia são estratégias que pretendem promover o crescimento de áreas de negócio como centros de investigação, universidades, zonas de lazer e turismo.

As infraestruturas têm como objectivo fazer a inclusão da tecnologia na cidade, mas essa inclusão pode ser feita por duas vertentes, através de infraestruturas duras ou de infraestruturas macias. A inclusão da tecnologia através de infraestruturas duras é feita através das infraestruturas de transporte, de águas, de resíduos e de energia, por exemplo recorrendo a uma rede de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que armazena dados relacionados com cada uma das infraestruturas referidas que são acessíveis por cada cidadão em tempo real. Já as estratégias aplicadas a infraestruturas macias são aplicadas às comunidades, ou seja, são aplicadas ao conhecimento, à criatividade, à inclusão, à inovação e equidade social, por exemplo com base numa aplicação digital, onde os cidadãos podem expor problemas relacionados com a sua cidade que possam ser observados pelas autoridades governativas, de forma a serem solucionados.

2.4 Componentes lógicos de uma smart city

Os progressos da ciência e da tecnologia que se têm verificado aliados à era dos bens globais em que vivemos lança desafios diários às cidades. São estes tipos de estímulos constantemente colocados às cidades que dão origem a um conjunto de componentes lógicos que permitem subdividir as cidades de forma a evidenciar as áreas de intervenção.

Neste ponto, e à semelhança da definição do termo *smart city* nem todos os autores são unânimes na subdivisão lógica que se deve fazer das cidades, por exemplo no estudo desenvolvido por Giffinger et al. (2007), são consideradas áreas de intervenção da cidade como a economia, as pessoas, a mobilidade, o governo, o meio ambiente e a habitabilidade, já no artigo escrito por Angelidou (2015), a autora defende que apenas patamares como a economia, o governo, a sustentabilidade e o desenho urbano de cada cidade são suficientes para avaliar uma cidade inteligente. O estudioso Chourabi et al. (2012) propõe oito espaços

estratégicos para estimar o valor das cidades digitais são eles: a gestão e organização, as pessoas e comunidades, a economia, o governo, as infra-estruturas, a política, o meio ambiente e a tecnologia.

É de salientar que existem factores comuns a alguns autores, mas é ainda mais relevante sublinhar que apenas um deles dá ênfase à questão da tecnologia, lembra-se que é o progresso das TIC que serve como a maior alavanca para o aparecimento das cidades do conhecimento. Os outros autores também fazem referência a este fenómeno, mas como uma subcaracterística comum a todos os patamares principais.

Na verdade qualquer compartimentação da cidade que se faça estará correcta, porque todos os seus componentes estarão ligados por uma única área, a tecnologia.

Após a investigação levada a cabo em torno desta temática julga-se que os principais componentes lógicos a considerar para se proceder a uma estratégia de implementação de uma cidade inteligentes serão: governo e cidadãos, economia, desenho urbano, tecnologia, e por fim meio ambiente.

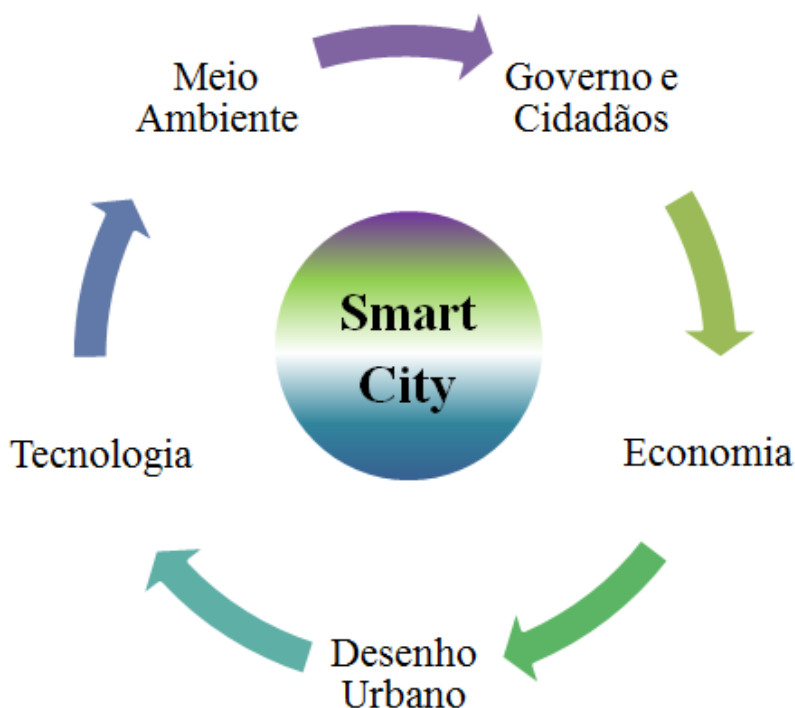


Figura 2.1 – Componentes lógicos de uma cidade inteligente

2.4.1 Governo e cidadãos

Este ponto volta-se essencialmente para a parte viva e racional das cidades, é o Homem o único Ser capaz de promover e executar estratégias de mudança, independentemente da função que desempenha.

O governo é o órgão que rege a sociedade em todas as suas vertentes, é o único que pode criar incentivos ou regras que ponham em prática as estratégias *smart*. Assim, espera-se que apresente uma administração com um bom funcionamento ao nível da participação política e da qualidade de serviços prestados aos cidadãos, para que desta forma ofereça à sua comunidade habitacional uma qualidade de vida melhor e com isso consiga atrair habitantes, trabalhadores, investigadores, turistas e eventos.

Os cidadãos são a componente mais complexa de uma cidade uma vez que chamam a atenção para questões relacionadas não só com o grau de alfabetização de cada um, mas também com a capacidade e a qualidade da interacção social, para que desta forma possa ser possível a participação da população na governação e na gestão da cidade, visto que eles são os seus maiores utilizadores, e tudo o que se pratica numa zona urbana é para satisfação das necessidades das suas comunidades. A capacidade criativa de cada cidadão pode vir a ser uma mais-valia para a sua cidade uma vez que são eles que executam as estratégias de mudança. É ainda importante sublinhar que cada Homem entenda que todas as suas atitudes terão consequências e que os espaços públicos são de todos e devem por isso, ser preservados por todos.

A participação das comunidades na vida das cidades é feita através da tecnologia que as cidades oferecem visto que é desta forma que a comunicação entre os cidadãos, as autoridades competentes e até mesmo a própria cidade pode ser efectuada.

2.4.2 Economia

A economia é o motor de uma cidade, este patamar abrange negócios como os sistemas de transportes, comunicação, serviços, comércio, tecnologia, águas e de energia. Como se espera no ambiente deste novo rótulo atribuído às cidades, inclui factores como a competitividade económica, a inovação, o empreendedorismo, a produtividade, a flexibilidade no mercado de trabalho, as marcas de mercado e a integração no mercado global.

Note-se que neste momento estamos perante uma crise financeira que diminui a capacidade de cada cidade em responder às necessidades de mudança, o que implica que se observe uma certa estagnação na progressão da implementação de ideias que tornem as cidades mais inteligentes. É importante neste sector que existam parcerias, pois há sectores de negócio

privado nas cidades que geram bastante capital e que têm capacidade de investir em novos projectos, mas para isso é necessário que a parte pública aceite que necessita de ajuda e deve cooperar, para que as ideias passem a discussões e a projectos.

2.4.3 Desenho urbano

O desenho urbano de uma cidade é uma componente muito importante e que se subdivide em dois patamares: a mobilidade e a habitabilidade.

A mobilidade é uma discussão constante nas cidades, visto que a sua definição traduz a forma como as pessoas se irão deslocar de um local para o outro, com o maior conforto possível.

Numa cidade do conhecimento este ponto abraça problemáticas como a acessibilidade local e internacional, a disponibilização de TIC que facilita o acesso dos cidadãos à rede de transportes disponibilizada e ainda aos meios de transporte utilizados. Uma cidade inteligente é um centro urbano que promove a redução da poluição, seja ela de que tipo for, logo é de esperar que os meios de transporte sejam os menos poluentes possível, quer na emissão de ruído, quer nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera.

Note-se que a combinação entre a tecnologia e a infraestrutura física tem grande relevância, o facto de um cidadão poder aceder em tempo real aos dados da rede de transportes pode ajudá-lo a identificar zonas de tráfego problemático e a reduzir a poluição. Mas o facto de o cidadão aceder ao sistema tem outras vantagens como ajudar na eficiência e no desempenho do sistema de transportes.

A capacidade de habitabilidade que uma cidade oferece é muitas vezes uma questão decisiva na tomada de decisão da permanência ou não de um cidadão na mesma. A habitabilidade numa cidade inteligente subdivide-se em dois degraus: a qualidade habitacional pessoal e a qualidade habitacional pública. A qualidade habitacional pessoal neste âmbito das cidades omnipresentes relaciona-se com questões relativas, às facilidades de acesso à cultura, à educação, à saúde e à segurança, à qualidade das habitações e das infraestruturas e ao turismo. Uma cidade bem organizada tem acessos fáceis, logo menos confusão no que diz respeito ao tráfego, por exemplo, o que se traduz num maior conforto ao nível do ruído ambiente. Outra vantagem desta organização territorial é a beleza da cidade que se pode traduzir um aumento do conforto visual.

2.4.4 Tecnologia

Como já foi referido diversas vezes a tecnologia, ou mais especificamente as TIC são a alavanca promotora das cidades inteligentes, o objectivo da inserção da tecnologia é melhorar a gestão e funcionamento de uma cidade.

A aplicação deste ponto numa cidade, segundo um estudo desenvolvido pela autora Agelidou (2015), tem duas vertentes distintas: a tecnologia de oferta e a tecnologia de procura. A tecnologia de oferta é caracterizada pela comercialização de uma nova solução/produto, com o único objectivo de progredir na tecnologia, e sem dar qualquer importância às necessidades da sociedade. Já a tecnologia de procura é representada pela comercialização de uma nova solução/produto, com o único intuito de responder às necessidades de procura da sociedade.

A pertinência desta componente pode ser compreendida através de exemplos tais como: a colocação de sensores de ruído para fazerem monitorização permanente dos níveis sonoros a que um cidadão está exposto numa determinada zona da cidade, que nos permite fazer uma análise posterior dos dados e caso seja necessário proceder a uma intervenção nessa zona com o intuito de aumentar o seu conforto acústico, mas que pode mesmo vir a alterar o seu aspecto visual. Outro exemplo é a ligação em rede de todos os serviços, ou zonas de comércio, ou zonas de lazer de forma a permitir ao cidadão um acesso mais fácil às “qualidades” que cada cidade apresenta.

2.4.5 Meio ambiente

As mudanças climáticas e a escassez de recursos são cada vez mais evidentes e são elas que cada vez mais nos obrigam a caminhar na direcção da protecção do meio ambiente seguindo o caminho da sustentabilidade.

Este ponto da escassez de recursos é uma questão que não deve ser apenas tratada no âmbito das cidades do futuro mas também das cidades tradicionais. É essencial que o Ser humano tome consciência que recursos como a energia não renovável e a água podem vir a extinguir-se caso não haja um uso racional dos mesmos. Desta forma as *smart cities* promovem a utilização da energia solar, eólica e hidráulica.

Por exemplo a energia eléctrica não renovável pode ser substituída por energia solar através de painéis fotovoltaicos, ou através de um desenho urbano da cidade em que se faz um aproveitamento correcto das horas de sol não só para efeitos de iluminação mas também para efeitos de aquecimento.

Já a água é um recurso claramente natural e que deve ser reaproveitado ao máximo, não só através de um ciclo de água saudável, que só é conseguido com a redução da poluição atmosférica, mas também com recurso a sistemas de tratamento e reaproveitamento de resíduos líquidos, por exemplo, um sistema de aproveitamento da água das chuvas para fazer a rega dos espaços verdes.

As constantes mudanças climáticas que temos observado devem-se à batalha travada entre o Homem e a camada de ozono. As emissões de CO₂ são cada vez maiores e directamente proporcionais à deterioração da camada de ozono, pelo que é fácil de compreender que a única resolução para este problema é reduzir a poluição da atmosfera, por exemplo substituindo a utilização dos carros e transportes tradicionais por automóveis eléctricos, visto que são as emissões de CO₂ e a queima de combustíveis fósseis, os maiores poluentes atmosféricos.

O mundo das cidades inteligentes pretende que o seu espaço ambiente ofereça condições naturais favoráveis, mas para isso terá de existir um esforço por parte de todos na protecção ambiental hoje, para que não seja comprometida a qualidade ambiental de amanhã.

2.5 Normalização para smart cities

Hoje em dia as cidades são os maiores motores de produção de Produto Interno Bruto global (PIB) e mais de metade da população mundial reside dentro desses centros urbanos, e a previsão é que este número venha a aumentar ainda mais, o que leva as cidades a pensar em oferecer um futuro cada vez mais sustentável às gerações vindouras.

As iniciativas para atingir esse objectivo são cada vez em maior número e o facto de haver uma tão grande indecisão sobre a definição lógica deste tema das *smart cities*, levou a Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization - ISO) a conceber uma norma que limitasse e igualasse o caminho que cada cidade tem que percorrer para alcançar o seu intuito.

A norma ISO 37120:2014, “Desenvolvimento sustentável das comunidades – Indicadores para os serviços urbanos e a qualidade de vida”, é um documento recente, desenvolvido com base numa outra norma já conhecida a ISO/TC 268, “Desenvolvimento sustentável das comunidades”. Na verdade estas duas normas complementam-se.

A ISO 37120:2014 foi desenvolvida com o intuito de definir e estabelecer um conjunto de indicadores padronizados que orientem e meçam o desempenho dos serviços e a qualidade de vida de qualquer cidade, município ou governo local que queira medir o seu próprio desempenho de uma forma comparável e confiável, independentemente da sua dimensão ou

localização. Estes indicadores vão ainda permitir a cada cidade perceber qual é o seu nível de competitividade e vão ajudar a orientar na política, no planeamento e na gestão dos diversos sectores.

As medições anteriormente referidas serão feitas através de dezassete indicadores apresentados na referida norma, devidamente estruturados de acordo com as diferentes áreas e serviços de cada cidade, são eles: economia, educação, energia, ambiente, finanças, resposta a incêndios e emergências, governo, saúde, recreação, segurança, alojamento, resíduos sólidos, telecomunicações e inovação, transportes, planeamento urbano, águas residuais e por último água e saneamento. Mas para além da discretização destes indicadores a ISO 37120 contém dois anexos que completam a informação oferecida pela restante norma. O anexo A contém informação sobre os indicadores das cidades e faz a distinção entre indicadores necessários e indicadores recomendados que dependem dos dados anuais das cidades, o anexo B dá conhecimento dos indicadores de perfil, que são indicadores baseados em estatísticas e que permitem a cada cidade perceber quais são as cidades de maior interesse para poderem efectuar comparações.

O facto de cada cidade utilizar os indicadores padronizados para desenvolverem políticas *smart* traz vantagens tais como: cada governo poder ter a possibilidade de tomar decisões de forma mais informada, a hipótese das cidades aprenderem umas com as outras devido à comparação de dados e por fim podermos assistir a uma eventual escalada a nível financeiro, uma vez que haverá uma abertura de dados que leva a um reconhecimento internacional de cada entidade, o que virá atrair oportunidades de investimento.

2.6 Iniciativas para a promoção das smart cities

2.6.1 Big smart cities

A iniciativa Big smart cities é uma ideia portuguesa promovida pelo Vodafone Power Lab e pela ERICSSON. Este projecto é uma competição nacional que incentiva os habitantes de cada cidade a juntarem-se numa equipa para desenvolverem uma ideia que torne a sua cidade mais *smart*. Cada equipa terá depois que expor e defender a sua ideia numa competição com várias etapas; a ideia vencedora poderá ser posta em prática através de um financiamento fornecido pela parceria promotora do projecto.

Este tipo de iniciativas são bastantes importantes, porque ajudam as autarquias, visto que actualmente as verbas económicas não permitem que os governos lancem às comunidades este tipo de propostas, é importante que as ajudas possam vir de outros sectores que constituem a cidade.

Esta competição permite que as ideias sejam desenvolvidas essencialmente para quatro áreas: o turismo, a habitabilidade, o governo e a mobilidade. Podemos constatar esta afirmação através da imagem fornecida pela figura que se segue.

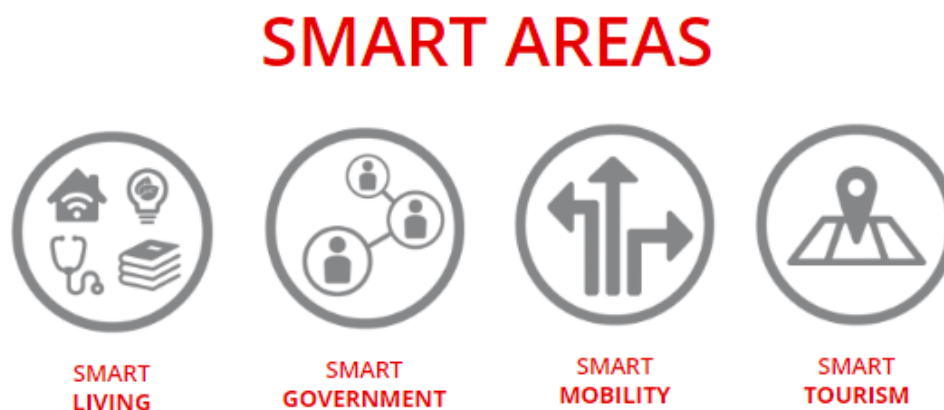


Figura 2.2 – Áreas de actuação da competição Big smart cities (retirado de BSC@, 2016)

Sendo esta competição bastante recente, nasceu no ano 2013, a grande equipa vencedora do ano passado defendeu o projecto “Lisboa Horizontal” em que promove o uso da bicicleta como meio de transporte.

Este projecto é subdividido em três fases, uma primeira fase que se designa Lisboa horizontal, que pretende construir uma rede de ciclovias planas (com inclinações de 0% a 4%) inspiradas nas linhas do metro, que ligam vários pontos da cidade de Lisboa. Posteriormente, tem uma segunda fase intitulada Lisboa a descer em que se pretende criar uma forma de transportar as bicicletas e os seus utilizadores para as partes mais altas da cidade. A terceira fase chama-se Lisboa eléctrica e pretende que a rede de bicicletas seja alargada a uma rede de bicicletas eléctricas partilhadas.

Esta ideia não é inovadora, visto que existem sistemas deste género já em funcionamento noutras cidades, como por exemplo em Madrid, mas em Lisboa não existe algo do género, logo torna-se numa iniciativa inteligente visto que a bicicleta é um meio de transporte que não tem quais quer emissões de CO₂ e que não causa qualquer tipo de poluição sonora.

2.6.2 Projecto novelog

O projecto novelog é uma iniciativa *smart* a nível europeu voltada para a criação de um plano de mobilidade sustentável para cada cidade. É uma ideia que remonta a Junho de 2015 e foi desenvolvida no âmbito do programa “Horizonte 2020” da Comissão Europeia para a Investigação e Inovação, e conta com a participação de quinze cidades europeias, são elas:

Turim, Veneza, Piza e Roma em Itália, Barcelona em Espanha, Mechelen na Bélgica, Londres no Reino Unido, Copenhaga na Dinamarca, Gotenburgo na Suécia, Graz na Áustria, Atenas na Grécia e por fim a região de Emilia Romana na Itália que participa neste projecto com três das suas doze cidades.

Actualmente já todas as cidades contêm um plano de mobilidade, seja ele sustentável ou não, mas esse plano é sempre voltado apenas para o transporte de passageiros. Acontece que hoje em dia o transporte de mercadorias em meios urbanos é o responsável por uma parte significativa das emissões de CO₂ e da poluição sonora das cidades, que é um problema cada vez mais debatido pelas autoridades governativas das mesmas.

Este projecto inovador pretende criar um plano de mobilidade que combine todos os transportes que uma cidade contém, incluindo os transportes de mercadorias, mas para que tal venha a acontecer é necessário que se desenvolvam parcerias público-privadas, uma vez que a distribuição de mercadorias é um negócio maioritariamente privado e acaba por não ter em consideração a componente pública, que são as próprias cidades. Mas as cidades também não contêm legislação que permita a promoção de novas soluções de distribuição mais sustentáveis. Torna-se assim claro que tem que existir um entendimento entre ambas as partes.

Assim, este projecto pretende delinear uma estratégia que englobe e interligue de forma racional todas as partes intervenientes no processo do transporte de mercadorias para que todos sejam beneficiados de forma igual. Tal pode ser compreendido na imagem que se segue, que mostra uma pirâmide de interesses e interacções dos envolvidos.

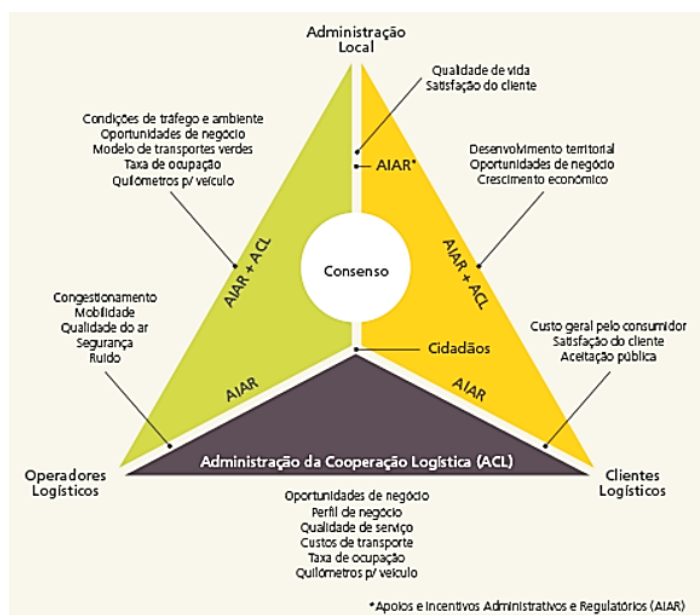


Figura 2.3 – Pirâmide que representa os interesses e as interações das partes interessadas (retirado de Pereira, 2016)

Note-se que o projecto novelog segue uma sequência lógica para alcançar os seus objectivos, que passa por etapas como: detecção do problema, definição de um projecto com base num modelo multicritério, o teste do modelo e consequente avaliação, o tratamento de resultados e o respectivo ajuste se necessário e, finalmente, a implantação do projecto que deve ser adequado às características e necessidades de cada cidade.

Cada cidade tem o seu próprio perfil e logo necessitará de um projecto adequado, mas as medidas até agora mais estudadas passam essencialmente pela substituição do veículo tradicional de distribuição por um veículo eléctrico, substituição que pode ocorrer na totalidade do percurso que a mercadoria terá de percorrer até chegar ao destinatário, ou então apenas em parte do seu percurso, como se prevê para a cidade de Reggio Emilia, na região italiana de Emilia Romana, que se supõe ser a melhor hipótese para alcançar uma mobilidade sustentável construindo um polo de distribuição num dos estacionamento da periferia e aí as mercadorias passarão para um veículo eléctrico que as levará até ao destinatário.

Outra medida que se tem estudado é a implementação de zonas de tráfego limitado, que se traduz em medidas específicas de circulação para transporte de mercadorias em certos centros urbanos.

Sublinha-se que qualquer uma destas medidas tem em conta a mitigação das emissões de CO₂ e da poluição sonora, uma vez que um veículo eléctrico é praticamente silencioso a baixas velocidades de circulação, como em geral se observa em meio urbano.

3 RUÍDO AMBIENTE EM SMART CITIES

3.1 Conforto acústico

Vivemos numa paisagem sonora e o som faz naturalmente parte da nossa vida; o crescente aumento das fontes de ruído, tem-se traduzido no crescente aumento das intensidades de ruído, o que tem causado degradação na qualidade da vida humana. Uma cidade inteligente tenta combater esse flagelo, e é isso que nos leva até ao tema aqui tratado.

Actualmente, fala-se bastante na questão do conforto acústico, mas nem sempre se sabe o que significa realmente. O conforto acústico é traduzido pelo alcance do bem-estar auditivo de cada um de nós, o que torna este conceito um pouco ambíguo. Para percebermos melhor temos que conseguir distinguir ruído de som.

A definição de ruído é muito complexa e subjectiva, mas geralmente pode afirmar-se que a um som desagradável e indesejável chamamos ruído, pelo que é fácil perceber que a um som atribuímos uma conotação agradável e útil. Mas isto não é assim tão linear o que é ruído para uns pode ser um som para outros ou vice-versa, porque tudo isto depende das capacidades receptivas do ouvido de cada pessoa, ou das circunstâncias e contexto.

Desta forma, é fácil compreender que este conceito depende do ponto de vista do utilizador, porque cada um tem uma inteligibilidade diferente do som.

Mas esta questão do conforto acústico tem uma dimensão que ultrapassa a opinião pessoal; o desconforto auditivo a que o homem está sujeito pode vir ser prejudicial à sua saúde.

3.2 Noções básicas sobre acústica

3.2.1 Propagação do som

O som é emitido por uma fonte emissora, e é levado até ao receptor através de um meio de propagação que pode ser sólido, líquido ou gasoso, sendo este último o meio de propagação mais comum. O meio de propagação influencia a velocidade com que o som se propaga e a intensidade com que o som é sentido pelo receptor.

Assim, é sabido que o som produzido por uma fonte emissora causa perturbações no meio envolvente, através da vibração das partículas, indo alterar as condições de equilíbrio a que o meio estava inicialmente sujeito. Essas perturbações posteriormente sentidas pelo ouvido humano são traduzidas pelas flutuações de pressão em relação à pressão atmosférica, a que chamamos pressão sonora.

O percurso do som desde a fonte até ao receptor seria mais fácil se considerássemos que o som se pode propagar em qualquer direcção sem quaisquer limitações, contudo tal não é possível visto que no seu caminho o som encontra variados obstáculos, que influenciam o som através de fenómenos como reflexão, difracção, refracção, absorção e transmissão.

A figura 3.1 ilustra três destes fenómenos são eles: a reflexão, a absorção e a transmissão. O fenómeno da reflexão traduz a mudança de direcção das ondas de propagação sonora quando estas colidem com um obstáculo, a absorção é talvez o mais fácil de entender visto que se prende com a capacidade que cada obstáculo tem em absorver som, por último a transmissão é a quantidade de energia sonora que consegue passar através do obstáculo. O fenómeno da difracção representado na figura 3.2, é fácil de entender que se trata da mudança de direcção das ondas de propagação sonoras quando estas passam através de uma abertura ou contornam um obstáculo. Por fim, a refracção implica que se verifique uma mudança de direcção das ondas sonoras porque o som passa de um meio de propagação para outro meio de propagação diferente, e podemos observá-la na figura 3.3.

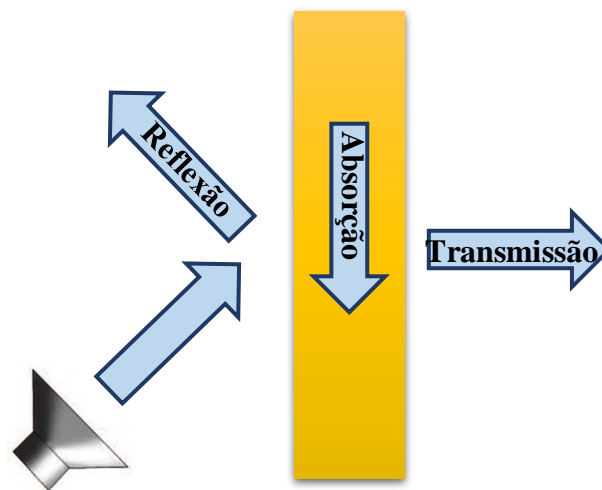


Figura 3.1 – Fenómeno da reflexão



Figura 3.2 – Fenómeno da difracção

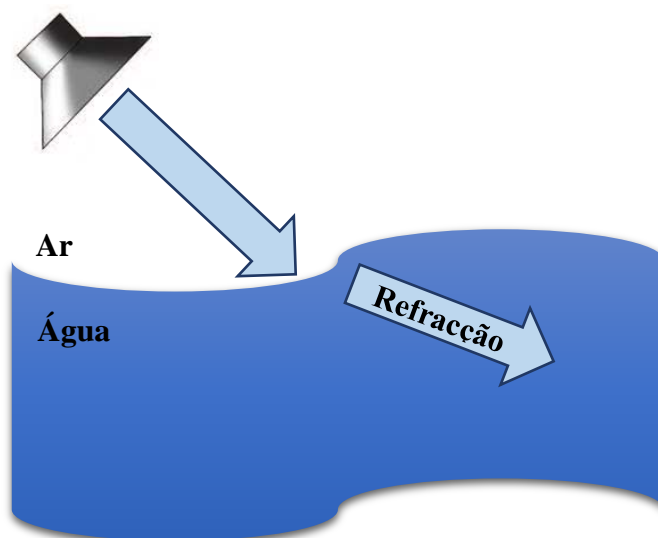


Figura 3.3 – Fenómeno da refracção

Outra questão que deve ser sublinhada é que as fontes sonoras podem ser de três tipos distintos: pontuais, lineares ou cilíndricas e planas, sendo esta última a menos usual, desta forma vamos centrar-nos apenas nas primeiras duas, que podem ser facilmente entendidas com as duas imagens que se seguem.

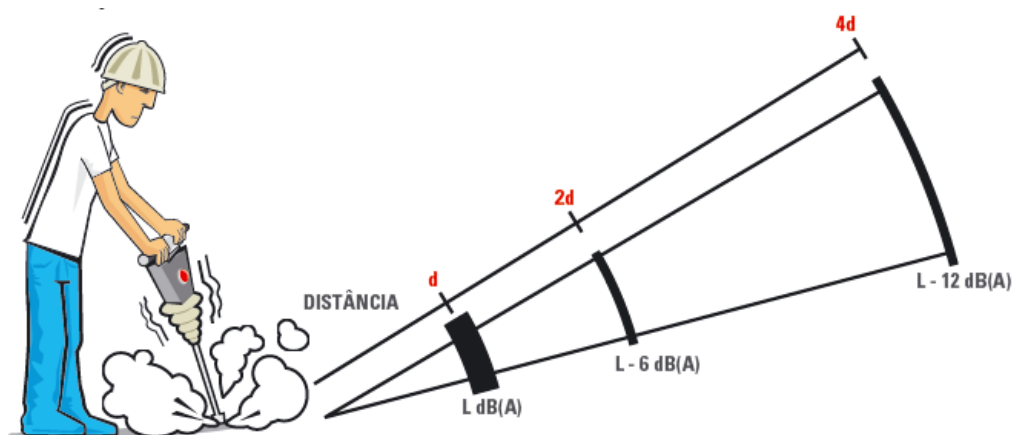


Figura 3.4 – Fonte pontual (retirado de Valadas et al., 2004)

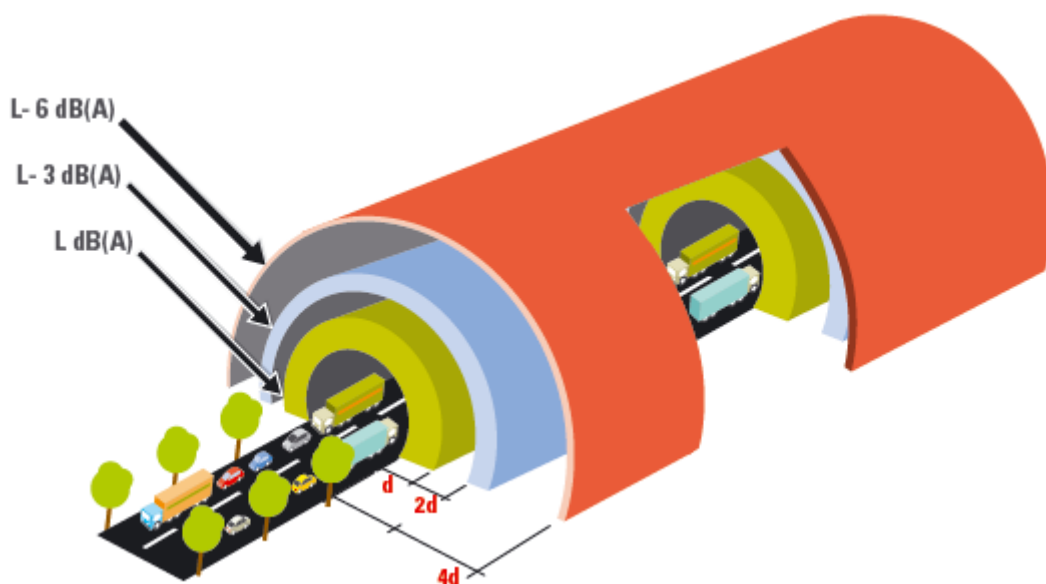


Figura 3.5 – Fonte linear ou cilíndrica (retirado de Valadas et al., 2004)

Uma fonte pontual considera que a propagação de energia sonora a partir da fonte se processa de forma radial, por ondas esféricas. Esta forma de propagação das ondas sonoras influencia o nível de pressão sonora. Através da imagem é fácil compreender que, quanto maior é a distância à fonte menor é a pressão sonora sentida pelo receptor. A redução sonora observada neste tipo de fontes é de 6 decibel, por cada duplicação da distância.

Já numa fonte linear ou cilíndrica a propagação da energia sonora desenvolve-se em planos perpendiculares à fonte, segundo circunferências que crescem de raio com o tempo, afastando-se do eixo de propagação. Neste tipo de propagação de ondas sonoras existe igualmente uma relação de proporcionalidade entre a distância e o nível sonoro, quanto maior

é a distância à fonte, maior é a redução do nível sonoro. Pela figura 3.5 podemos observar uma redução de 3 decibel por cada duplicação da distância.

3.2.2 Resposta do ouvido humano ao som

A aptidão do ouvido humano para a captação de ondas sonoras é diferente para as diferentes frequências, podemos ter frequências sonoras baixas (infra-sons), ou frequências sonoras altas (ultra-sons), com a certeza de que o ouvido humano é mais sensível às médias e altas frequências. Podemos assim estabelecer a gama de frequências audíveis que se estende entre os 20 Hz, que corresponde ao limiar de audição, uma vez que é a pressão sonora a que o ouvido humano responde, e os 20kHz que corresponde ao limiar da dor, visto que é a pressão sonora máxima que o ouvido humano suporta. A figura que se segue mostra a relação entre a frequência e o nível de pressão sonora para o ouvido humano e, ainda, apresenta os receptores com igual sensibilidade auditiva.

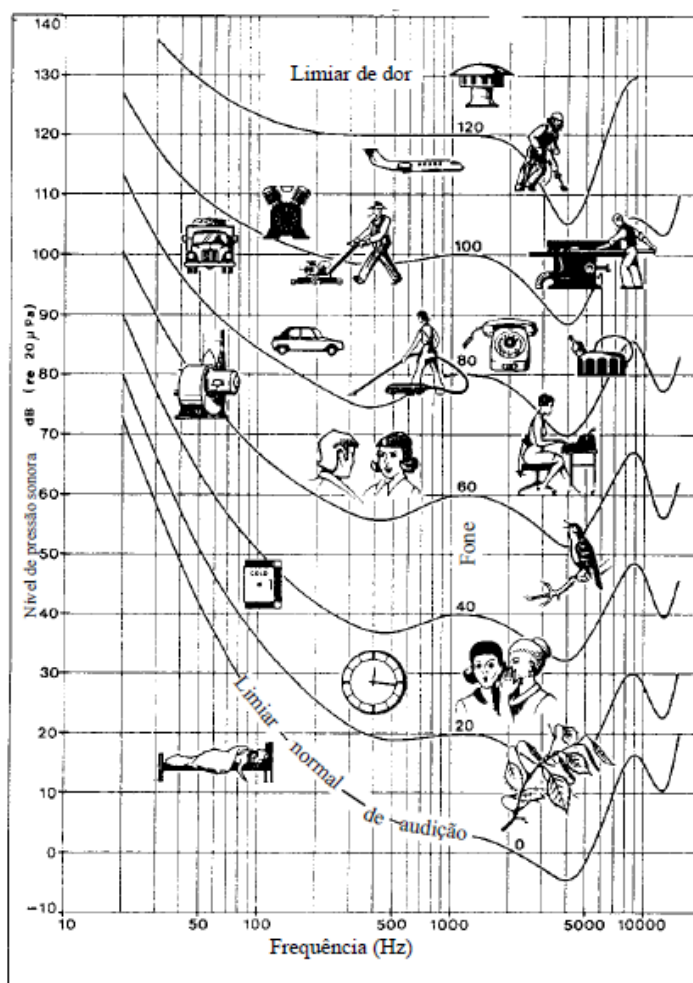


Figura 3.6 – Gama de frequências audíveis (retirado de Tadeu et al., 2010)

O ouvido humano é constituído por três partes, o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno, como podemos ver na figura 3.7. O ouvido externo capta a onda sonora e transmite-a ao ouvido médio, que por sua vez a vai levar ao ouvido interno e este último transforma as vibrações em impulsos nervosos que são posteriormente transmitidos ao cérebro para que este possa interpretar e processar no centro auditivo.

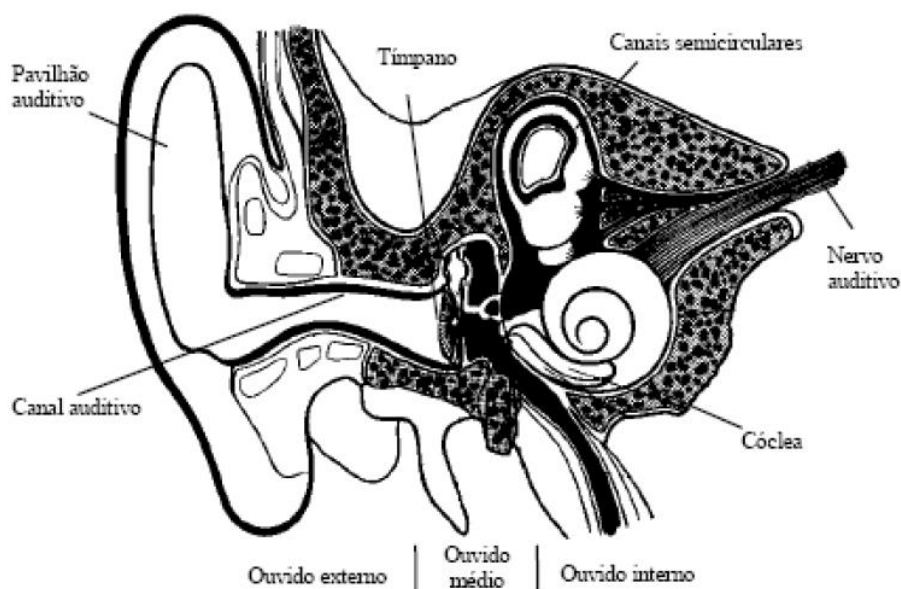


Figura 3.7 – Constituição do ouvido humano (retirado de Tadeu et al., 2010)

A exposição continuada a sons indesejáveis causa danos na saúde humana. Tal como já foi dito anteriormente, esses danos são traduzidos por problemas auditivos (fadiga e trauma), problemas psíquicos (stress e irritabilidade) e ainda por problemas fisiológicos (perturbações do sono). O trauma auditivo é um problema de saúde com particular importância; este dá-se quando uma fonte sonora emite um ruído impulsivo de curta duração e o ouvido não tem tempo de activar o seu mecanismo de defesa.

Assim, podemos afirmar que o ouvido humano não responde de forma linear aos estímulos sonoros mas sim de forma logarítmica, é por esta razão que a escala de potência sonora usada tem como unidade de medida o decibel (dB). Na figura 3.8 podemos ver que a gama de valores de pressão sonora suportáveis pelo ouvido humano se situa entre os 0 dB e os 120 dB.

Mas, em medições de ruído é ainda usual utilizar curvas de ponderação para se avaliar de forma mais fidedigna a resposta do ouvido humano ao som. Existem quatro curvas de ponderação, sendo a mais usual é a curva de ponderação A, por ser a que melhor aproxima a relação entre os valores medidos e a incomodidade sentida pelo receptor. É por esta razão que

muitas vezes os resultados de medições sonoras são apresentados em decibel ponderado A (dB(A)). Na figura 3.9 podemos observar as referidas curvas de ponderação.

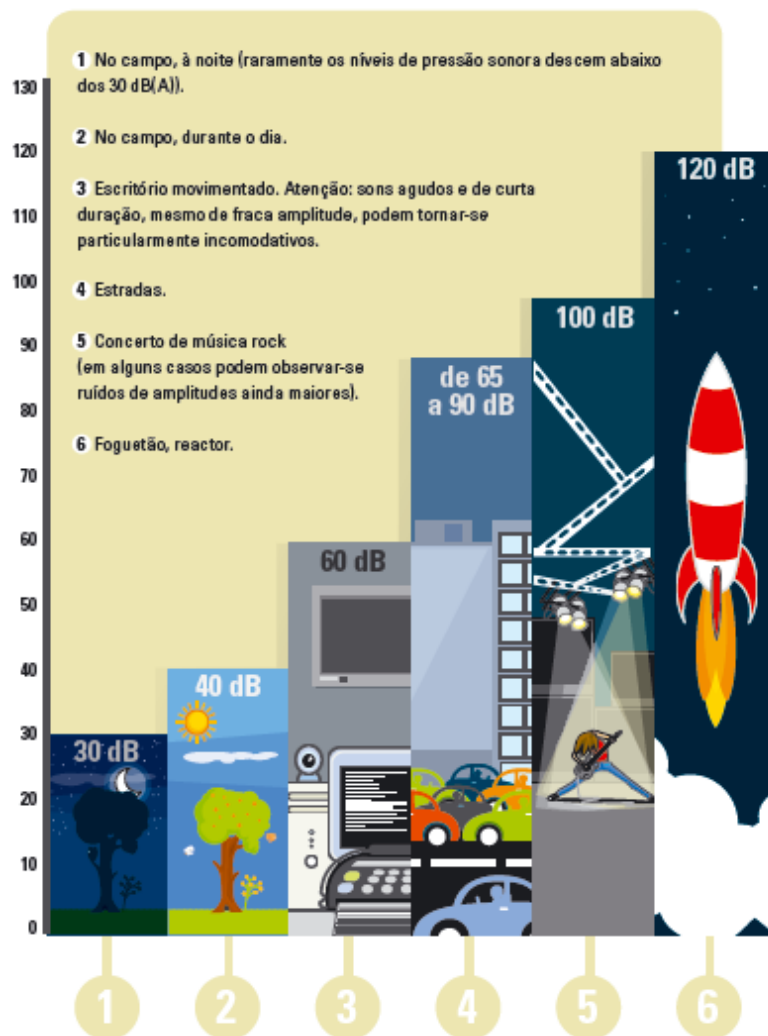


Figura 3.8 – Escala de decibel (retirado de Valadas et al., 2004)

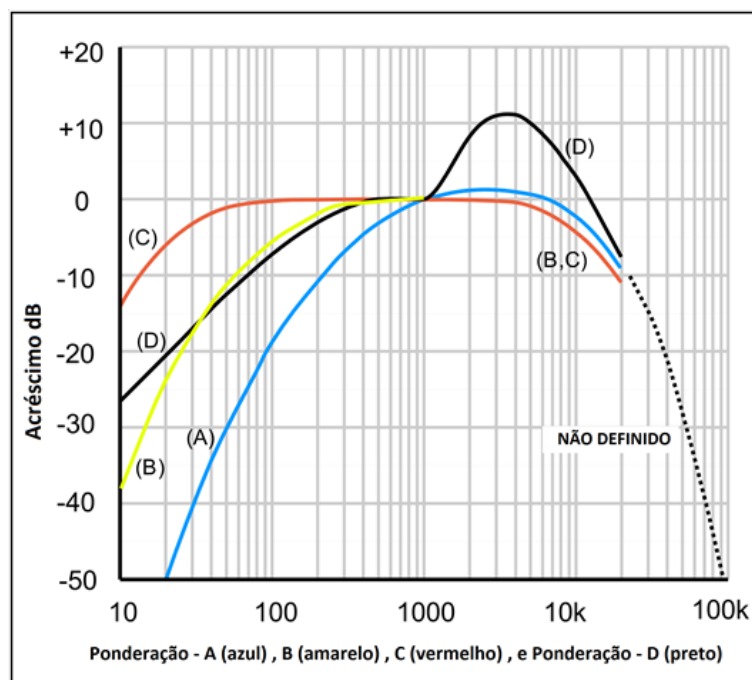


Figura 3.9 – Curvas de ponderação (retirado de GOOGLE@, 2016)

3.3 Avaliação do ruído ambiente

O ruído ambiente é uma questão que requer cada vez mais o empenho de todos para que seja devidamente controlada a fim de se minimizarem os seus impactes sobre as populações, pois é um dos objectivos das *smart cities*. O primeiro passo a dar neste sentido é a criação de legislação adequada e aplicável que contenha um conjunto de procedimentos técnicos, de medição e de avaliação de ruído que permitam fundamentar esta questão de ruído ambiente de forma a podermos atingir os resultados pretendidos. Um segundo passo será mudar a forma de pensar de cada cidadão.

Note-se que o número de pessoas a viver em centros urbanos continua a crescer e isso leva a que haja cada vez mais tráfego, sendo este o maior agente de poluição sonora. Mas numa cidade existem outros ruídos, como o ruído das instalações industriais e comerciais e o ruído de vizinhança. É a actividade humana que está na origem destes sons desagradáveis e indesejáveis daí que seja tão importante que cada um de nós tome consciência do ruído que produz e de como o pode controlar.

É toda esta conjuntura e o objectivo de melhorar a qualidade do ambiente urbano que faz com que muitos autores levem a cabo estudos de como se pode avaliar de forma mais eficaz o ruído ambiente. Existem já normas e legislação que permitem fazer esta caracterização, mas é

objectivo de cada autor fundamentar e até completar estes regulamentos para que eles sejam cada vez mais eficazes.

Dos estudos levados a cabo pelos autores Silva e Mendes (2012) e por Magrini et al. (2013), consta uma forma de avaliação do ruído ambiente através de um índice que junta a poluição sonora com a poluição atmosférica, esse índice pode ser traduzido pela expressão que segue:

$$City\ Noise - Air = (0.5 \times cityNoise + 0.5 \times cityAir) \quad (1)$$

De acordo com o estudo que está a ser desenvolvido vamos desprezar a componente da poluição atmosférica e considerar apenas a componente de ruído, para tal vamos então perceber como é que podemos chegar ao valor do *cityNoise*. O valor desta variável é obtido através do indicador *Lden* - indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno:

$$Lden = 10 \log \frac{1}{24} \times \left(Pd \times 10^{\frac{Ld}{10}} + Pe \times 10^{\frac{Le+5}{10}} + Pn \times 10^{\frac{Ln+10}{10}} \right) \quad (2)$$

onde:

Pd – Período de referência diurno

Pe – Período de referência do entardecer

Pn – Período de referência nocturno

Ld, Le e Ln – Níveis de pressão sonora médios de longa duração, determinados durante uma série de períodos de medição diurnos, entardecer e nocturnos, respectivamente, representativos de um ano.

Note-se que cada país considera os seus períodos de referência; para Portugal os períodos a considerar constam do Regulamento Geral de Ruído (RGR), no Decreto-Lei nº9/2007, Artigo 3º-Definições, alínea p), onde diz que “«*período de referência*» o intervalo de tempo a que se refere um indicador de ruído, de modo a abranger as actividades humanas típicas”. É então possível observar que:

- i) Período diurno: das 7h às 20h,
- ii) Período entardecer: das 20h às 23h,
- iii) Período nocturno: das 23h às 7h.

No estudo levado a cabo pelos autores já referidos é ainda possível constatar que o valor máximo que este indicador de ruído pode atingir é limitado por um determinado valor, que pode mudar de país para país. No caso de Portugal, os valores limitativos do *Lden* podem ser consultados no RGR, DL nº9/2007, Artigo 11º- Valores limite de exposição, alínea a) e b):

$$L_{den} \leq 65 \text{ dB}(A), \text{ para zonas mistas}$$
$$L_{den} \leq 55 \text{ dB}(A), \text{ para zonas sensíveis}$$

Esta distinção entre zonas deve-se ao tipo de ocupação dos edifícios; um edifício habitacional ou um hospital terão claramente requisitos de exposição ao ruído diferentes de um edifício que seja ocupado por actividades comerciais ou de lazer. Mas para percebermos melhor esta questão vamos consultar as definições para estes dois tipos de zonas presentes no RGR, DL nº9/2007, Artigo 3º, na alínea v) “«zonas mistas» a área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afectada a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível”, já no mesmo artigo na alínea x) “«zona sensível» a área definida em planeamento municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais e similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio ou de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de restauração, papelarias e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período nocturno”.

Desta forma clarifica-se esta distinção entre as zonas que constituem uma cidade e a forma como podemos fazer a medição de ruído a que cada uma delas está sujeita.

No entanto, e apesar de os autores do estudo anteriormente apresentado apenas considerarem o indicador acústico L_{den} como sendo o mais importante para a avaliação do ruído ambiente, o RGR, DL nº9/2007, vai mais longe e considera que, a avaliação do ruído ambiente e as propostas de intervenção para a mitigação do ruído só serão eficazes se limitarmos o nível de exposição a que as comunidades estão sujeitas durante o período nocturno. Ou seja, devemos limitar o valor de L_n , tendo igualmente em conta o tipo de zona, Artigo 11º- Valores limite de exposição, alínea a) e b):

$$L_n \leq 55 \text{ dB}(A), \text{ para zonas mistas}$$
$$L_n \leq 45 \text{ dB}(A), \text{ para zonas sensíveis}$$

3.4 Normalização para a componente de ruído

Como vimos, existem diferentes formas de caracterizar o ruído ambiente, mas é preciso ter em conta que qualquer descrição, medição ou avaliação que se faça do mesmo, estará sempre relacionada com a capacidade de resposta do ouvido humano. É ainda importante salientar que a caracterização do ruído terá que estar sempre contextualizada com a economia, a sociedade e a política local.

Todas estas considerações acabam por alavancar uma grande variedade de formas de caracterização de ruído dentro de cada comunidade, que conseqüentemente criam uma dificuldade em comparar ou até compreender o ruído de forma internacional. Tudo isto leva a Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization - ISO) a criar uma norma que iguale e harmonize todos os métodos de descrição, medição e avaliação do ruído ambiente para todas as fontes sonoras existentes, a norma NP ISO 1996: “Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente”.

O ano de nascimento desta norma é mais uma prova de que há muito que esta questão do ruído ambiente tomou uma certa importância nas cidades, o debate científico desta temática é tal que esta norma já sofreu ajustes, sendo o último efectuado em 2011.

A norma NP ISO 1996 tem como objectivo fornecer informações úteis para a caracterização do ruído nas comunidades, de forma que com base nos seus princípios, cada órgão governativo possa desenvolver normas nacionais e possam mesmo vir a estabelecer os seus limites de ruído. Desta forma, para que se tenha uma melhor compreensão deste documento ele divide-se em duas partes, a NP ISO 1996-1: “Grandezas fundamentais e métodos de avaliação”, e a NP ISO 1996-2: “Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente”. É ainda importante referir que esta norma não estabelece qualquer limite de ruído, uma vez que isso depende de cada regulamentação nacional e/ou local.

A primeira parte daquela norma subdivide-se em seis capítulos relevantes e cinco anexos, que nos fornecem designações sobre as grandezas fundamentais a considerar, procedimentos gerais de avaliação, métodos específicos de avaliação de ruído ambiente e por fim indicações relevantes para podermos prever o grau de incomodidade sentido pela população. É ainda nesta parte da norma que se diferencia as diferentes fontes de ruído e se explica que a caracterização do ruído ambiente pode ser feita com base numa fonte individual, ou considerando várias fontes sonoras combinadas entre si.

É na norma NP ISO 1996-1 que podemos encontrar o indicador *Lden* utilizado pelos autores Silva e Mendes (2012), por Magrini et al. (2013) e pelo RGR, para efectuar a avaliação de ruído ambiente.

A segunda parte da mesma norma subdivide-se em dez capítulos relevantes e cinco anexos, que nos explicam como podemos obter os níveis de pressão sonora para avaliação do ruído ambiente. Segundo a norma, estes níveis podem ser obtidos directamente por medições, por extrapolação de medições ou por meio de cálculo. É ainda nesta parte da norma que podemos retirar conclusões sobre o grau de incerteza na avaliação do ruído, uma vez que esta é influenciada pelo sistema de medição, pelas condições de funcionamento do equipamento,

pelas condições meteorológicas e do solo e, por fim, pelo som residual, que é vulgarmente conhecido como ruído de fundo.

A norma NP ISO 1996-2 baseia-se em três tipos de fontes de ruído para apresentar os seus cálculos, o ruído de tráfego, dividindo-o em três partes: ruído de tráfego rodoviário, aéreo e ferroviário, o ruído das instalações industriais e o ruído de fontes sonoras de baixas frequências.

3.5 Mapas de ruído

Hoje em dia todas as cidades elaboram estratégias que as propulsionem para o título de *smart city*. No entanto, atrás desse rótulo existe um árduo trabalho de investigação, para que as propostas *smart* sejam as mais eficazes.

Os mapas de ruído fazem parte do trabalho de investigação, que é feito antes da elaboração das propostas de mitigação e controle de ruído.

Entende-se por mapa de ruído, uma representação geográfica dos níveis de exposição a ruído ambiente exterior, onde se visualizam as zonas às quais correspondem determinadas classes de valores expressos em dB, reportando-se a uma situação existente ou prevista. Interpretando esta definição podemos afirmar que esta representação é uma ferramenta que permite fazer previsões e comparações acústicas, para encontrar soluções e tomar decisões de forma rápida, eficaz e integrada, que nos levem a um ambiente acústico adequado.

É por tudo isto que hoje em dia já quase todas as cidades têm um mapa de ruído articulado com a elaboração do seu Plano Director Municipal (PDM), afim de, quantificar o ruído e avaliação a exposição sofrida pela população, mas também para poderem mais facilmente hierarquizar as zonas por prioridade de intervenção, identificar as principais fontes de ruído e especificar a redução necessária para cada fonte, com o intuito de restabelecer o conforto acústico.

De salientar ainda que a elaboração destes mapas permite que se preserve as zonas onde os limites regulamentares de exposição ao ruído ambiente já sejam respeitados, intervindo apenas naquelas em que tal não acontece.

Em Portugal, mais de 200 municípios têm já mapas de ruído, e o município de Coimbra não é excepção. Na imagem que se segue temos noção das zonas que constituem este município.



Figura 3.10 – Mapa do Município de Coimbra (retirado do GOOGLE@, 2016)

O mapa de ruído que caracteriza as zonas anteriormente representadas é visível na imagem seguinte. Note-se que este mapa foi aprovado em 2011, com base em dados recolhidos e devidamente tratados, em 2010, e foi a partir dele que se fizeram alterações no PDM da cidade de Coimbra a fim de se intervir nas zonas mais críticas.

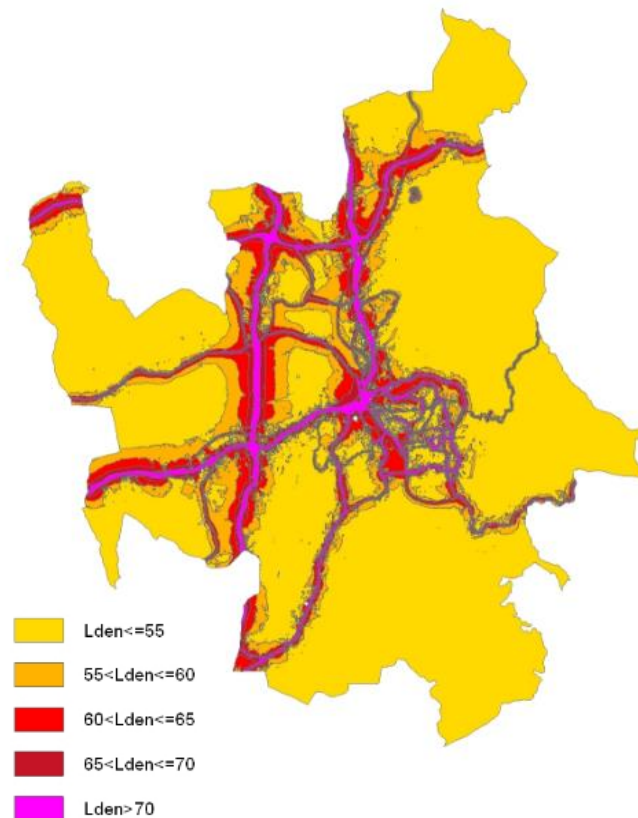


Figura 3.11 – Mapa de ruído do Município de Coimbra com a representação do descritor L_{den} (retirado de CMC@, 2016)

É perceptível que as zonas que estão expostas a um $L_{den} > 70dB$ são as zonas envolventes de vias de comunicação, tal é visível se sobrepusermos os dois mapas. Esta representação geográfica só comprova a afirmação feita anteriormente de que o maior poluidor sonoro nas zonas urbanas é o tráfego, na cidade de Coimbra é especificamente o tráfego rodoviário.

3.6 Medidas de mitigação de ruído ambiente

A percentagem de população exposta a níveis de ruído considerados inaceitáveis é cada vez maior. Neste momento, a poluição sonora é já considerada o segundo maior problema de saúde ambiental. O ruído de tráfego, essencialmente o ruído de tráfego rodoviário, é a principal fonte de ruído nas cidades, e este é o maior responsável pela incomodidade sentida pelas comunidades. É este panorama que nos leva a procurar medidas de mitigação de ruído, para que o Homem tenha maior protecção e conforto acústico.

As medidas de mitigação podem ser aplicadas nos mesmos três campos em que fazemos a análise de ruído, podemos aplicar medidas que façam atenuação do ruído na fonte, no meio de propagação ou no receptor.

3.6.1 Medidas de atenuação na fonte

As medidas de mitigação de ruído na fonte são conseguidas, por exemplo, com a utilização de pavimentos especiais, com o controlo do tráfego ou com a utilização de veículos silenciosos.

Por exemplo, a utilização de pavimentos especiais passa pela escolha entre três tipos de asfalto, são eles pavimentos de superfície lisa, pavimentos com pequenas irregularidades ou textura ou pavimentos de superfície irregular ou rugosa.

O controlo do tráfego é uma medida que se pode revelar eficaz, uma vez que considera a redução da velocidade de circulação, por exemplo, com a introdução de obstáculos nas vias como rotundas ou lombas, ou então reduzindo a largura das vias. Mas neste ponto temos que ter sempre em atenção que a redução de velocidade não pode levar ao aumento de ruído de aceleração ou de travagem. O controlo de tráfego abrange ainda medidas como o desvio do tráfego das ruas fechadas para as artérias principais e a restrição dos horários e zonas de circulação a veículos pesados.

A utilização de veículos silenciosos é talvez a medida mais promovida hoje em dia, veículos silenciosos são veículos com motor eléctrico ou hídrico. Este tipo de automóveis têm grandes vantagens nomeadamente na redução da poluição sonora e atmosférica, mas acarretam uma grande desvantagem para o peão, o facto de o veículo ser tão silencioso faz com que muitas vezes o transeunte não dê pela sua presença e acaba por levar a acidentes rodoviários.

3.6.2 Medidas de atenuação no meio de propagação

As medidas de atenuação nos meios de propagação são as medidas mais utilizadas, desde sempre, traduzindo-se pela utilização das já conhecidas barreiras acústicas. As barreiras acústicas são elementos que cortam visão entre as fontes de tráfego e as zonas mais sensíveis. Este tipo de mitigação é mais eficiente quanto mais próximo da fonte for colocada.

As barreiras acústicas podem ser tradicionais ou inteligentes. As barreiras tradicionais têm geometrias e materiais específicos, já devidamente estudados e testados. Elas podem ter uma geometria convencional, em T, em Y ou podem ser inclinadas, como podemos ver na figura que se segue.

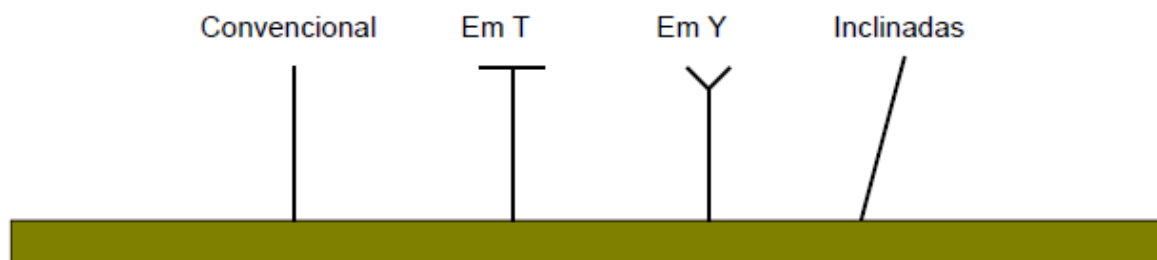


Figura 3.12 – Diferentes geometrias de barreiras acústicas

Os materiais mais usuais neste tipo de barreiras são o betão, a alvenaria, os painéis de betão leve, a pedra, os muros de gabiões, a madeira, os painéis transparentes, os painéis metálicos, painéis constituídos por superfícies absorventes e por fim as elevações de terra a que tradicionalmente chamamos de bio barreiras.

Existe hoje em dia outro tipo de barreiras, as barreiras inteligentes, como por exemplo combinam painéis fotovoltaicos que vão fazer em simultâneo a absorção do som e da energia solar, e desta forma poder fazer a iluminação da via durante a noite. Podemos observar uma barreira deste tipo na figura 3.13.



Figura 3.13 – Barreira acústica inteligente construída na auto-estrada italiana A22 (retirado de Natale e Luzzi, 2013)

Um outro tipo de barreiras acústicas tem sido estudado recentemente, em que se faz a combinação de filas de troncos de madeira, organizados sob a forma de cristais sónicos. Para além de se obter uma redução sonora considerável, em virtude da presença destas estruturas periódicas, pretende-se também obter uma barreira acústica sustentável, construída a partir de

troncos de árvores obtidos em operações de limpeza de florestas e com baixo nível de processamento (Godinho et al., 2016).

3.6.3 Medidas de atenuação no receptor

As medidas de atenuação no receptor reflectem-se essencialmente no desenho urbano e na envolvente dos edifícios.

No que toca ao desenho urbano, podemos adoptar medidas como distribuir os edifícios de acordo com o a sua ocupação, criar zonas livres ou com vegetação entre os edifícios e as vias de circulação de tráfego e ainda tentar localizar as zonas sensíveis em zonas de “sombra acústica”, ou seja, colocar edifícios não sensíveis á volta dos edifícios sensíveis. Podemos observar este tipo de intervenção nas imagens que se seguem.

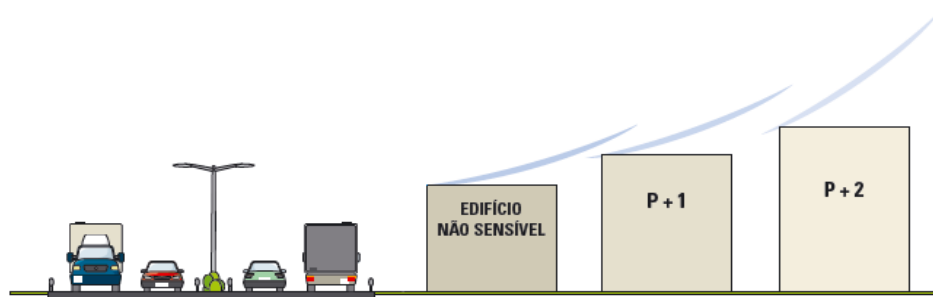


Figura 3.14 – Edifícios sensíveis protegidos por um edifício não sensível (adaptado Valadas et al., 2004)

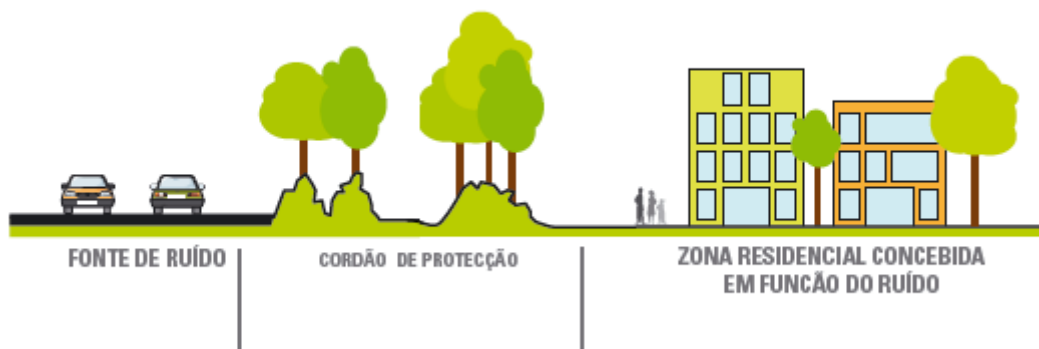


Figura 3.15 – Edifícios sensíveis protegidos por uma zona de vegetação (adaptado de Valadas et al., 2004)

A envolvente dos edifícios também contribui bastante para a atenuação do ruído. Sempre que se conceber ou se reabilitar um edifício deve-se reforçar a envolvente com materiais de absorção de som e devemos também melhorar as janelas, usando, por exemplo, janelas de vidro duplo em vez de janelas de vidro simples.

3.7 Iniciativas para a promoção do controlo e redução do ruído ambiente

3.7.1 Projecto EAR-IT

A evolução da tecnologia tem progressos constantes, o que nos leva a assistir frequentemente ao nascimento de dispositivos completamente munidos de aplicações que nos ajudam a melhorar o nosso dia-a-dia. No entanto, continuamos a presenciar um relativo desconhecimento por parte do Homem, de como fazer um uso correcto de toda esta informação para seu benefício próprio. Foi de acordo com este pensar que surgiu o projecto EAR-IT (Experimenting Acoustics in Real environments using Innovative Test-beds), uma iniciativa que se propôs a recriar e adaptar toda a tecnologia acústica inteligente, já usada em laboratório, para o ambiente real de uma cidade.

Desta forma, fica claro que o objectivo deste projecto é utilizar a tecnologia para “ouvir” a cidade e com isso melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes.

A captação de sons através de sensores colocados em locais estratégicos de uma cidade e o posterior tratamento do sinal, permitiu à iniciativa *smart* perceber como podia ajudar em primeira instância a melhorar o fluxo de trânsito. Posteriormente, e devido ao sucesso do projecto na área do tráfego, foram promovidos estudos para tornar outras áreas da cidade mais *smart* através do tratamento de ruído, nomeadamente na poupança de energia e no aumento da segurança de cada habitante. Note-se que todos os dados recolhidos e devidamente tratados são posteriormente disponibilizados à comunidade em sites, ou aplicações, que cada um pode aceder através da internet. A imagem que se segue mostra as áreas de actuação do projecto, anteriormente referidas.



Figura 3.16 – Áreas de actuação do projecto EAR-IT (retirado de GGOGLE@, 2016)

No que toca à melhoria do fluxo de trânsito, os sensores foram colocados em três locais distintos: em postes de iluminação, nos semáforos e no pavimento. Os dispositivos de monitorização que foram inseridos nos postes de iluminação fazem a captação do ruído para ajudar o automobilista a detectar os pontos mais críticos ao nível do tráfego, e fazer um controlo eficaz da iluminação da via pública. Os dispositivos inseridos nos semáforos ajudam a fazer uma gestão eficaz da fluidez do tráfego. Os dispositivos embutidos no pavimento ajudam a fazer uma contagem do número de veículos, mesmo que passem em grande número ao mesmo tempo, para que através desses números se possam criar medidas para reduzir a poluição atmosférica.

O projecto promoveu igualmente a implantação de dispositivos de monitorização de som em habitações particulares, com o intuito de, através da captação de sons, conseguir distinguir quantas pessoas estão presentes num determinado compartimento da edificação para aumentar ou reduzir as luzes, para abrir ou fechar uma cortina e até para ligar ou desligar o sistema de aquecimento ou arrefecimento, verificando-se assim uma clara poupança na energia.

Estes dispositivos de carácter mais interno têm também o propósito de aumentar a segurança dos ocupantes da habitação, uma vez que se estudou a possibilidade destes sensores detectarem sons que indiquem situações de emergência e, sempre que um caso desses fosse

detectado, o dispositivo seria capaz de enviar um sinal de alerta às autoridades e até mesmo a um familiar próximo da possível vítima.

Note-se que, como qualquer tecnologia, a utilização dos sensores acústicos levantou para o Ser humano questões como a sua privacidade; No âmbito deste projecto esta questão é tida em atenção, e sempre que uma pessoa se tornasse utilizadora deste tipo de dispositivos era-lhe fornecida informação onde constavam questões legais e sugestões para que a sua privacidade não fosse violada.

O EAR-IT é uma iniciativa levada a cabo através da junção de seis parceiros Europeus e de uma PME (Pequena e Média Empresa) na China, no âmbito do 7º Programa-Quadro das TIC da União Europeia (UE), e foi desenvolvido durante dois anos, de 2012 a Setembro de 2014, na cidade de Santander, na Espanha.

3.7.2 Projecto i-Scope

Esta iniciativa, designada por i-Scope, é uma plataforma aberta que se baseia em modelos urbanos de informação tridimensionais, que pode ser usada para criar serviços web inteligentes com base em informações geométricas, semânticas, morfológicas e estruturais à escala urbana.

Esta actividade *smart* é mais um exemplo de como a UE está empenhada em desenvolver cidades inteligentes, uma vez que os principais campos de acção deste projecto coincidem com alguns dos factores de avaliação de centros urbanos tecnológicos anteriormente apresentados. Os principais campos de acção são: a inclusão e a mobilidade pessoal, a eficiência energética e o tratamento do ruído ambiente.

A questão da inclusão social foi tratada através do desenvolvimento de serviços inteligentes que pretendem envolver a população mais idosa com a população mais jovem, que representa a parte da sociedade capaz de entender e acompanhar a evolução tecnológica. Já a mobilidade pessoal foi tratada através de um planeamento urbano mais eficaz que pode vir a ser cada vez melhor, visto que esta plataforma pretende também com a sua modelação urbana 3D ajudar os governos na sua tomada de decisões.

A optimização da utilização da energia dita tradicional é tratada neste projecto dando especial importância à capacidade de aproveitamento da energia solar de cada edifício, que pode vir a ser utilizada para efeitos de aquecimento do ambiente da habitação, bem como para aquecimento de água, para gerar electricidade ou até mesmo para efeito de iluminação natural. Este tipo de energia renovável recebe maior atenção neste projecto por ser, aquela que tem mais versatilidade.

Por fim, a questão que torna este projecto interessante para ser tratado neste ponto, o ruído. Esta plataforma tecnológica tem consciência de que a poluição sonora é cada vez mais prejudicial para a saúde do Ser humano, e pretende ajudar na criação de medidas para o controlo e mitigação do ruído urbano. Para tal, é necessário fazer uma campanha para que se perceba o que é som e o que é ruído, dirigida às comunidades habitacionais de determinada região. Esta campanha é promovida através da realização de mapas de ruído em tempo real, isto é, como o cidadão é o maior produtor e “consumidor” de ruído, é ele que vai ser o sensor de medição de ruído urbano, através do seu telemóvel. A medição que este faz é posteriormente colocada on-line e assim o mapa de ruído vai tomando forma, e vai sendo actualizado quase ao minuto, para que os níveis de ruído a que a população está exposta sejam cada vez mais fiáveis.

Este projecto nasceu em Janeiro de 2012 e teve um período de avaliação de viabilidade de quarenta e quatro meses, tendo contado com a participação de onze cidades europeias: Indjija na Sérvia, Trento, Roma e Velletri em Itália, Zagreb e Zadar na Croácia, Viena na Áustria, Baía Mare na Roménia, Newcastel no Reino Unido, Drama na Grécia e Malta. Nem em todas estas cidades foram estudadas todas as áreas de acção que o projecto tinha inicialmente planeado. Pela imagem que se segue é fácil de perceber que, das onze participantes, apenas em seis delas é feito o tratamento de ruído, ou seja, em Trento, Roma, Zagreb, Baía Mare, Drama e Malta.



Figura 3.17 – Cidades participantes do projecto I-Scope (retirado de Amicis, 2016)

3.7.3 Aplicações móveis

Tendo em conta a forma com foi feita a medição de ruído no projecto anteriormente apresentado, neste ponto são apresentadas duas aplicações móveis desenvolvidas com o intuito de efectuar a medição de ruído a que o ser humano está sujeito.

É de sublinhar que existem inúmeras aplicações móveis que fazem este tipo de avaliações e que cada uma delas tem uma forma de medição diferente. Desta forma, depois de uma experiência levada a cabo através da utilização de várias aplicações diferentes, são aqui apresentadas duas aplicações que medem o ruído durante um período de tempo que é estipulado pelo utilizador, e outra que faz a medição de forma instantânea. São elas o NoiseTube e o WideNoise, respectivamente.

O NoiseTube é uma aplicação móvel que deve ser instalada pelo utilizador no seu *smartphone* para que este se torne um dispositivo de medição de ruído. Esta aplicação recolhe informação para além do ruído como, por exemplo, as coordenadas GPS, que consegue reconhecer através dos dados do equipamento móvel.

O NoiseTube efectua a medição através de um algoritmo de processamento de sinal em tempo real que mede o nível sonoro que o microfone do telemóvel detecta durante mais de um segundo e num intervalo de tempo escolhido pelo utilizador. Em seguida, este sinal passa por um filtro de ponderação A, sendo também determinado o nível de pressão sonora contínuo equivalente, Leq , que está relacionado com a energia sonora ao longo de um intervalo de tempo, que é dado pela fórmula que se segue:

$$Leq = 10 \log \frac{1}{T} \times \left(\sum_{i=1}^n \Delta t_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (3)$$

onde:

T – Intervalo de tempo total considerado

Δt_i – Intervalo de tempo i em que se mede o ruído causado pela fonte de ruído

L_i – Nível de pressão sonora causado pela fonte de ruído, no intervalo de tempo i .

Posteriormente, o resultado obtido através da formula anterior é exibido através de um gráfico, em tempo real, em dB(A). Desse gráfico constam linhas horizontais de três cores diferentes, que representam o risco para a saúde humana devido à exposição ao ruído detectado.

As cores são o verde, que não representa risco para a saúde e contém valores inferiores ou iguais a 50 dB(A), o amarelo e o laranja que representa já um alerta para que se tome algum cuidado, uma vez que compreende níveis entre os 60 e os 70 dB(A) e, finalmente, o vermelho que representa um risco elevado para a saúde uma vez que já se trata de níveis superiores ou iguais a 80 dB(A).

As imagens que se seguem mostram os gráficos de medições e quadros onde são apresentados os resultados, após o final da medição, com o auxílio desta aplicação. As medições efectuadas são referentes a três dias distintos do mês de Maio de 2016, sendo que dois deles foram obtidos no mesmo ambiente urbano, e no decurso de festividades académicas na cidade de Coimbra.

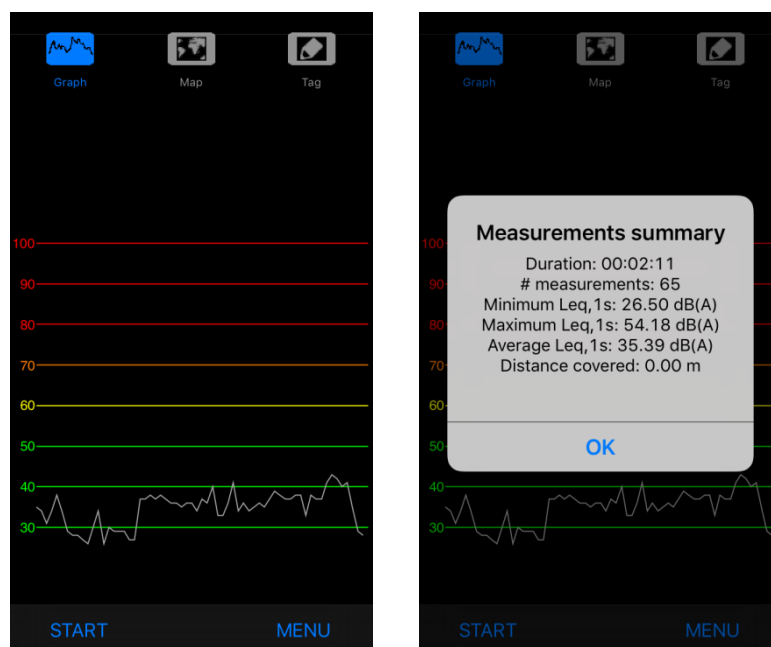


Figura 3.18 – Medição efectuada pelo NoiseTube, no dia 3 de Maio de 2016, na Sala S.C 3. no Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

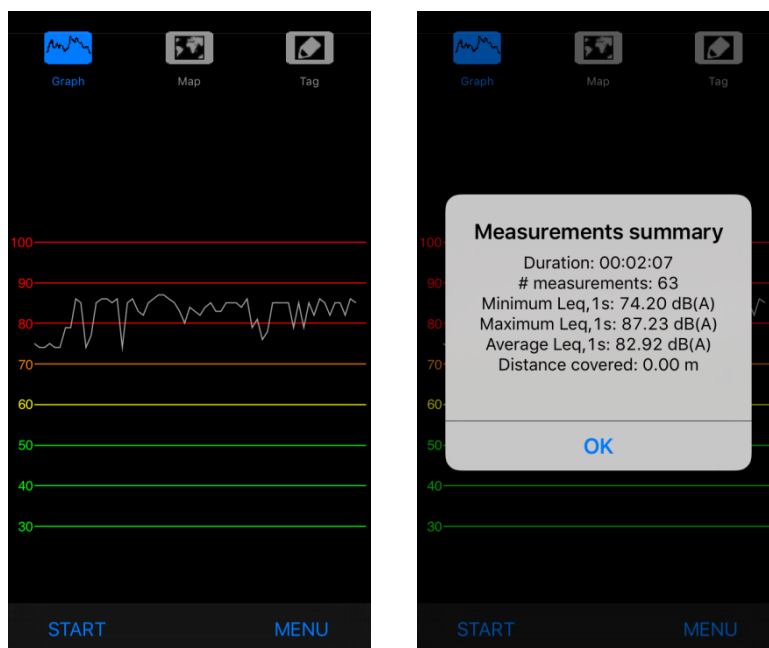


Figura 3.19 – Medição efectuada pelo NoiseTube, no dia 9 de Maio de 2016, na Praça da Canção, durante a Queima das Fitas, em Coimbra

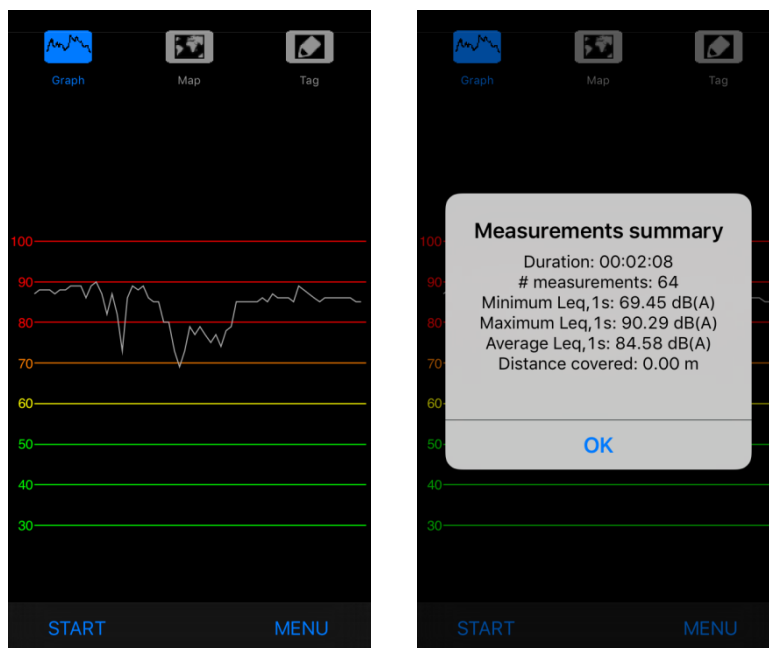


Figura 3.20 – Medição efectuada pelo NoiseTube, no dia 11 de Maio de 2016, na Praça da Canção, durante a Queima das Fitas, em Coimbra

Existe apenas um aspecto negativo a apontar a esta aplicação: não é possível em local algum introduzir informação sobre o tipo de fonte que está a causar o ruído, ou até mesmo a própria

aplicação poderia fazer uma previsão de qual o ruído que poderia estar a causar tais níveis sonoros, mas tal também não acontece. Apenas é possível inserir dados sobre a localização, ou as várias localizações do utilizador, como as coordenadas de casa ou do local de trabalho para que as medições sejam interpretadas de forma mais fidedigna, uma vez que as exigências de conforto acústico em casa e no trabalho são diferentes.

A aplicação WideNoise é um pouco menos elaborada do que a anterior. Nesta, podemos igualmente inserir a nossa localização mas não somos nós que estipulamos o intervalo de tempo em que a medição é feita. O período de medição já vem predefinido, e é feita tão rapidamente que pode considerar-se quase instantânea, tendo uma forma de medição semelhante à da aplicação anterior. Outro aspecto novo é que, de acordo com os níveis sonoros medidos, a aplicação atribui ao ruído uma conotação que vai desde “pena” ou “sono de gato”, que representam zonas mais calmas, “concerto de roque”, que representa uma zona mais barulhenta. Esta indefinição é quase uma aproximação à possível fonte que dá origem ao ruído medido.

Neste caso, foram efectuadas exactamente as mesmas três medições apresentadas anteriormente, para os mesmos dias e os mesmos locais, para que fosse possível fazer uma comparação de resultados. As medições efectuadas pelo WideNoise são visíveis nas imagens que se seguem.

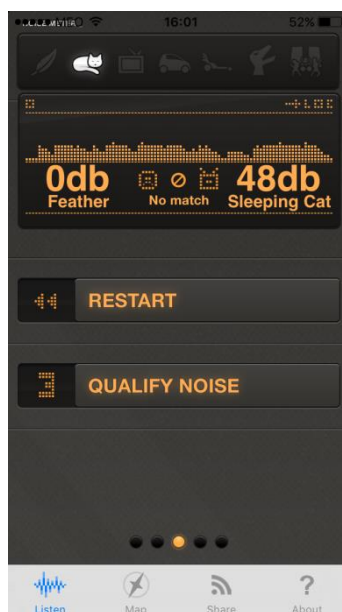


Figura 3.21 – Medição efectuada pelo WideNoise, no dia 3 de Maio de 2016, na Sala S.C 3. no Departamento de Engenharia Civil, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

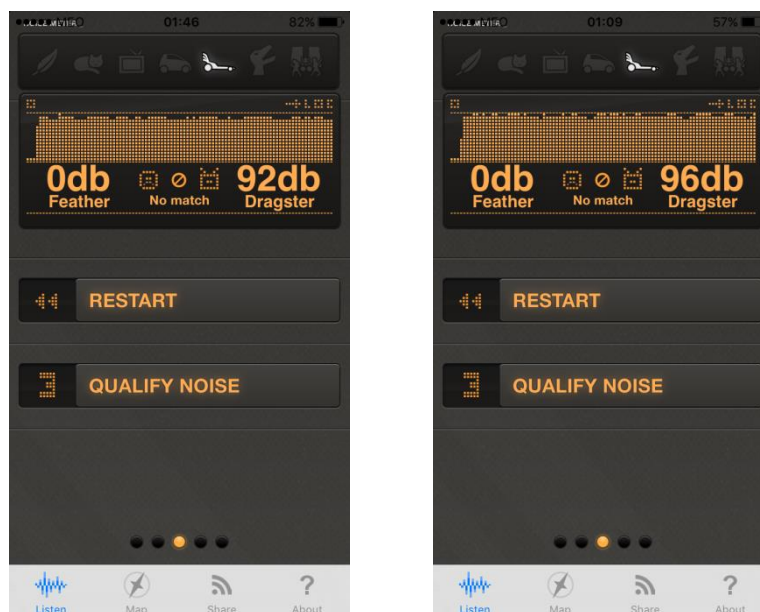


Figura 3.22 – Medição efectuada pelo WideNoise, nos dias 9 e 11 de Maio de 2016, na Praça da Canção, durante a Queima das Fitas, em Coimbra, respectivamente

Observando os resultados, a fim de se efectuar uma comparação, entre o valor de Leq,max fornecido pela aplicação do NoiseTube e, o valor fornecido pela aplicação WideNoise, que faz uma medição instantânea, pelo que será um valor mais próximo do valor máximo, é notório que existe sempre uma diferença de mais ou menos 6dB nas medições de cada aplicação, tal pode ser explicado com a diferença que existe no período de medição, uma vez que a fonte de ruído foi a mesma para as duas aplicações.

4 CASOS DE ESTUDO

Este último capítulo tem como principal intuito fazer uma investigação sobre centros urbanos que já são *smart*, ou que estão a percorrer um caminho, por mais jovem que este seja, para serem considerados cidades inteligentes.

Felizmente as cidades já têm consciência de que a mudança é inevitável, o que as cidades ainda não conseguem compreender é exactamente em que áreas devem intervir primeiro. Este conceito de *smart city* é ainda tão jovem que as cidades estão ainda a adaptar-se a ele e tentar perceber como é que ele funciona.

Existem inúmeras cidades consideradas como cidades inteligentes, mas na grande maioria delas o que se pode considerar mais *smart* é a eficiência dos sistemas de transportes públicos, a eficácia nos sistemas de saúde e, por fim, a redução da poluição atmosférica, conseguida, por exemplo, através de restrições introduzidas à circulação de certos tipos de veículos.

Infelizmente as cidades ainda não perceberam que a poluição sonora não se vê mas sente-se, e que a intervenção para a sua mitigação é tão prioritária como qualquer outra. Em muitos casos estas medidas mitigadoras são deixadas para segundo plano, ou por inconsciência, ou até por desconhecimento dos inconvenientes que podem trazer para a saúde de cada Ser humano.

Daí que neste trabalho, se tenha sentido alguma dificuldade em encontrar casos de cidades em que a poluição sonora está já a ser considerada nas estratégias *smart*; foi ainda mais difícil encontrar cidades em que gestão de ruído ambiente para efeitos de mitigação da poluição sonora estivesse já implementada. Desta forma, apresentam-se três centros urbanos que se encontram em patamares diferentes no que toca à compreensão do ruído.

Em primeiro lugar temos Coimbra, uma cidade que já é considerada cidade inteligente e que até aparece relativamente bem classificada no estudo levado a cabo pelo autor Giffinger et al. (2007), mas que só agora começa a perceber e a lançar propostas para que a poluição sonora seja reduzida. Seguidamente, temos o caso da cidade do Porto, que está já a começar a implementar medidas de mitigação de ruído, visto que a incomodidade sentida pelos seus habitantes estava a gerar inúmeras queixas. Finalmente, temos a cidade de Santander, em Espanha, que tem um sistema de mitigação de ruído completamente implementado, que já mostrou ser bastante eficiente e que se pretende que seja alargado a curto prazo.

4.1 Cidade de Coimbra

Coimbra é uma cidade situada no centro de Portugal, tem uma área de 319,4 km² e uma população de 105 842 habitantes, dado referente ao ano de 2011.

Esta é uma cidade em que a sua população oscila muito durante o ano, visto que é uma cidade universitária e que, durante o período escolar, apresenta um maior número de habitantes. Note-se que é esta tradição tão enraizada e universitária característica da cidade de Coimbra que levou os autores Mateus et al. (2016) a desenvolver um estudo na área do conforto acústico nesta cidade, com o intuito de fazer a promoção do controlo do ruído, bem como a interacção entre o governo e os cidadãos afectadas, dois pontos importantes de caracterização das *smart cities*.

O estudo acústico teve como base perceber como é que as festas académicas, mais especificamente a “Queima das fitas”, que tem lugar durante 7 a 8 noites consecutivas, no mês de Maio, afectam a população que reside num raio de 2.5 km do local onde esta festa tem lugar, que se situa na margem esquerda do rio Mondego, na Praça da Canção. A imagem que se segue representa a área de incidência do estudo.



Figura 4.1 – Área de incidência do estudo acústico, 19.6 km² (adaptado de Mateus et al.,2016)

Nesta imagem, é ainda possível visualizar os locais onde foram colocadas as estações meteorológicas que efectuaram as medições de ruído durante o período de tempo referido. As estações foram colocadas na Junta de Freguesia de Santa Clara (JFSC) e no Laboratório de Aerodinâmica Industrial (LAI), que se situa próximo do Pólo II, no Vale das Flores, em Coimbra. Destes três pontos de estudo, o local onde se encontra a fonte de ruído é o local

mais baixo da cidade, sendo que a JFSC está num dos pontos mais altos do centro urbano em estudo.

Este estudo tem em conta o grau de incerteza da medição, que influencia a interpretação que fazemos do nível de ruído medido. O cálculo do grau de incerteza é afectado pelas condições meteorológicas, nomeadamente a velocidade e orientação do vento, e a distância à fonte e, por fim, o ruído de fundo.

O estudo teve lugar durante os anos de 2012 a 2015 com medições periódicas durante o mês de Maio, visto ser esse o mês da realização da festa em estudo. É de salientar que o período horário em que a festa se desenvolve se situa entre as 23h e as 6h30min, que corresponde ao período de referência nocturno, e que coincide com o período de descanso das pessoas residentes na área de influência em estudo, que é de cerca de 35 000 habitantes, ou seja, aproximadamente 25% da população da cidade. A imagem que se segue mostra os resultados das medições efectuadas pela estação localizada na JFSC, no ano de 2015.

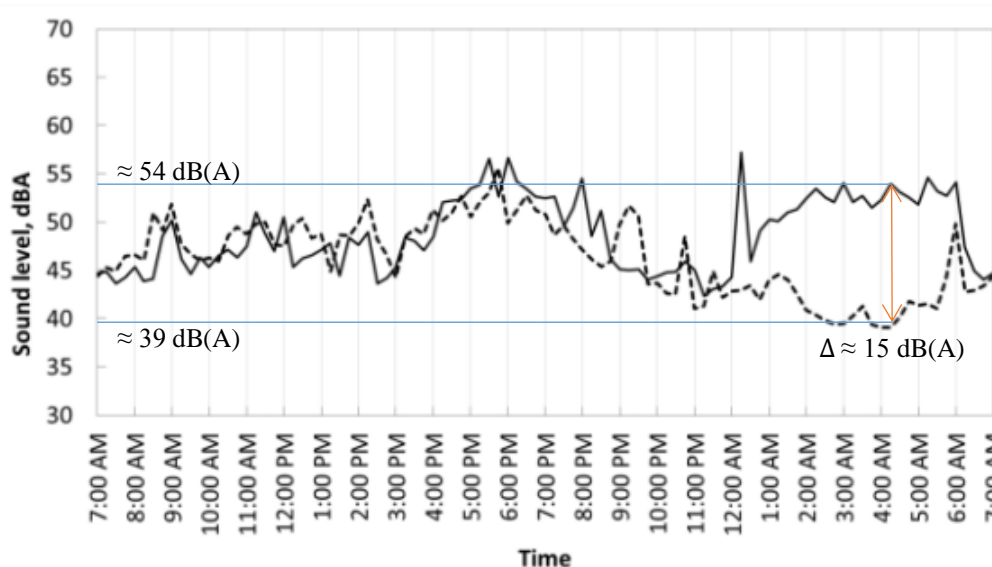


Figura 4.2 – Representação gráfica da evolução média diária de $Leq, 15min$, durante o mês de Maio de 2015, na JFSC (adaptado de Mateus et al., 2016)

No gráfico, a linha a tracejado representa o valor médio energético sonoro dos dias do mês de maio em que não existe realização de eventos musicais, a linha a cheio representa o valor médio energético sonoro dos dias do mês de Maio em que há eventos musicais. Estas medições são efectuadas por períodos consecutivos de 15 minutos. Notavelmente, durante o período nocturno, é quando se verifica o maior distanciamento entre as duas linhas. Para que os resultados obtidos sejam mais claros, consultemos a tabela que se segue. Esta contém os resultados alusivos aos quatro anos em estudo.

Quadro 4.2 – Níveis de ruído registados pela fonte localizada na JFSC.

Durante (D) / Fora (F) do evento <i>Leq, 15min</i> (dB(A))	Maio 2012		Maio 2013		Maio 2014		Maio 2015	
	D	F	D	F	D	F	D	F
<i>Leq, 7 – 20h</i>	54	54	51	57	51	51	50	50
<i>Leq, 20 – 23h</i>	45	46	46	47	48	52	48	47
<i>Leq, 23 – 7h</i>	54	41	51	43	54	43	52	43
$\Delta Leq, 23 – 7h$	13		8		11		9	

As diferenças entre os níveis sonoros nocturnos a que a população está sujeita são visíveis, representativos e justificativos do impacto que causa e das inúmeras queixas que são feitas por parte dos afectados. Se visualizarmos as diferenças entre os níveis sonoros medidos durante os restantes períodos de referência concluímos que as diferenças são de apenas 1 dB. É de salientar também que, em 2014, os níveis de ruído alcançados fora do período do evento musical são elevados, contudo, segundo os autores, não existe qualquer explicação que se possa dar para tal acontecimento.

A estação colocada no LAI é mais antiga, efectua medições desde 2009, mas foram utilizados apenas dados relativos aos quatro anos de interesse, a imagem que se segue mostra os resultados das medições efectuadas pela estação localizada na LAI, no ano de 2015.

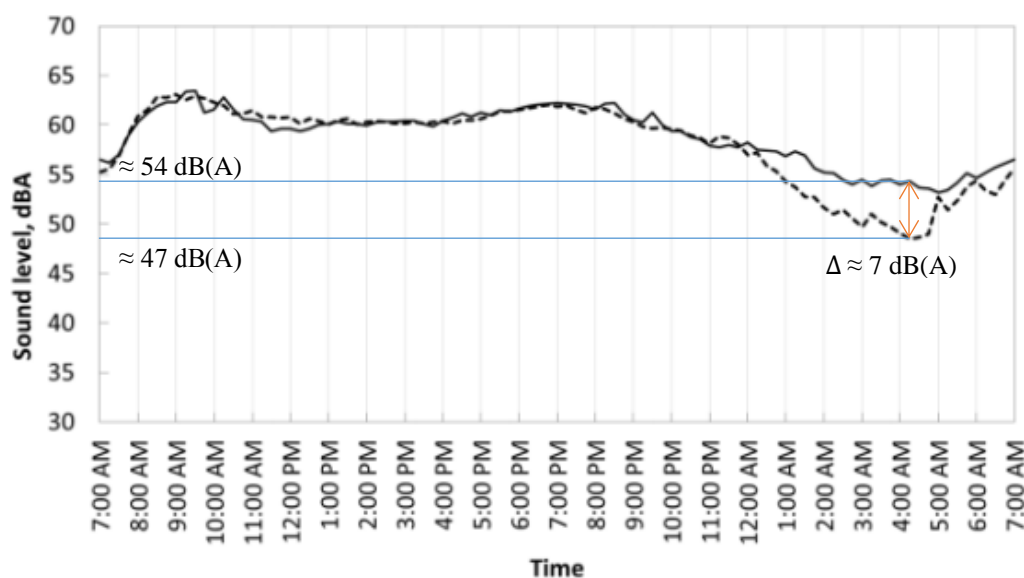


Figura 4.3 – Representação gráfica da evolução média diária de $Leq, 15min$, durante o mês de Maio de 2015, no LAI (adaptado de Mateus et al., 2016)

Da mesma forma que na estação da JFSC, a linha a tracejado representa o valor médio energético sonoro dos dias do mês de Maio em que não existe realização de eventos musicais, a linha a cheio representa o valor médio energético sonoro dos dias do mês de Maio em que há eventos musicais. Também neste caso as medições são efectuadas por períodos consecutivos de 15 minutos. Tal como era de esperar é no período noturno que as diferenças entre os níveis de ruído são mais acentuadas, sendo que o ponto onde essa diferença é maior está representado no gráfico, e é de aproximadamente de 7dB.

Se fizermos uma comparação do incremento sonoro sofrido, durante o período noturno, para o mesmo horário, nas duas estações, tal como representado nos gráficos, concluímos que: a diferença sonora registada pela estação da JFSC é muito superior à registada pela estação do LAI. Esta diferença pode ser atribuída à distância que separa cada uma das fontes do receptor. A distância à fonte é de aproximadamente 1800 m e 800m para as estações do LAI e da JFSC, respectivamente. É de relembrar que, no caso da estação localizada no LAI, o ruído de fundo poderá estar a influenciar a medição.

Seria altura para comparar estes valores com os valores regulamentares, expostos neste estudo para os indicadores $Lden$ e Ln , mas estes indicadores regulam apenas actividades ruidosas consideradas como permanentes. Este tipo de eventos é considerado pela legislação como uma actividade ruidosa temporária, e não há limite de ruído nestes casos. Existe apenas uma declaração de ruído que a parte organizadora do evento requer à autarquia, que não tem limite

de ruído e que permite que durante um determinado número de noites e durante um horário estabelecido o limite de ruído regulamentar seja excedido.

A cidade de Coimbra, à semelhança de outras cidades, encontra-se a desenvolver e implementar estratégias, em vários componentes constituintes da cidade, que a torne *smart*. Este estudo vem integrar-se neste caminho que a cidade de Coimbra está a percorrer, com particular importância. Coimbra já tem um mapa de ruído desde 2011 mas pouco foi feito no sentido de reduzir a poluição sonora. Este estudo chama à atenção para essa questão e propõe a participação da população na gestão do ruído gerado pela actividade da “Queima das Fitas”, e posteriormente de outras questões que sejam pertinentes para os utilizadores desta cidade. Note-se que o facto de a população poder ter uma opinião sobre o que a perturba na sua cidade é um dos fundamentos das *smart cities*.

Assim, o estudo permite concluir que é necessário introduzir medidas que protejam esta comunidade claramente afectada pela exposição a níveis sonoros elevados. Para tal é importante que esta comunidade seja ouvida e que haja um entendimento entre todas as partes envolvidas.

4.2 Cidade do Porto

A cidade do Porto é uma cidade situada no nordeste de Portugal, tem uma área de 41.42 km² e uma população de 237 591 habitantes, dado referente ao ano de 2011, o que confere à cidade o título de segunda cidade e terceiro município mais populoso do país.

O Porto é uma cidade histórica, mas que se actualiza todos os dias de forma acompanhar os desafios diários que hoje são colocados às cidades, daí que este centro urbano tenha vindo a assistir a inúmeras remodelações económicas e de reabilitação urbana nos últimos tempos. A transformação desta cidade é tão evidente que hoje podemos constatar que o Porto tem um sistema de transportes eficiente, uma rede hospitalar notável, um elevado nível de segurança e uma dinâmica social e cultural reconhecível a cada canto. Todos estes progressos tornaram a cidade tão acolhedora que acabou por fazer com que ela fosse capaz de atrair pessoas, empresas e turistas.

Notavelmente, todas as alterações estão no âmbito da definição deste novo conceito de *smart city*. Estes passos dados para subir nesta classificação *smartness*, trouxeram questões relacionadas com o meio ambiente. Desta forma, a cidade elaborou uma estratégia assente na questão da sustentabilidade ambiental, que tem na base cinco estruturas fundamentais, são elas: Porto, cidade consciente e comprometida com o futuro sustentável; Porto, cidade verde,

invicta, mas resiliente; Porto, cidade avança para uma renovação energética; Porto, cidade analítica e transparente e, por fim, Porto, cidade-laboratório.

Esta expansão da cidade do Porto requalificou e revitalizou a cidade e a economia local, fazendo com o que a cidade se afirmasse, mas tudo isto trouxe para a Baixa da cidade um novo conceito de vida nocturna que gerou inúmeras queixas de ruído nos últimos 4-5 anos. Este facto levou a cidade do Porto a desenvolver um estudo na área da gestão acústica da cidade.

O referido estudo foi desenvolvido no âmbito do projecto europeu “Future Cities” e envolveu uma parceria entre a Câmara Municipal do Porto (CMP), a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e o Laboratório Municipal de Ruído, um laboratório que existe na cidade do Porto devidamente acreditado e fundado com base em normas europeias para laboratórios de ruído.

Esta investigação promoveu a implantação de uma rede de monitorização de 21 sensores de baixo custo, espalhados pela cidade, designada “UrbanSense”, que permite fazer uma caracterização da cidade em diversas áreas, com o intuito de gerar representações gráficas actuais de indicadores ambientais relevantes para a tomada de decisões de planeamento urbano e avaliação da qualidade de vida dos cidadãos e dos turistas.

Uma das áreas de intervenção destes dispositivos é a gestão de ruído urbano. Para tal, estes sensores foram instalados para permitirem fazer representações estratégicas de mapas de ruído. As imagens que se seguem mostram os mapas de ruído segundo os indicadores *Lden* e *Ln*, respectivamente, obtidos a partir da localização dos sensores igualmente representada. Na representação da localização dos sensores encontram-se quatro pontos a vermelho, são dispositivos que foram removidos por problemas de funcionamento e de localização errada.

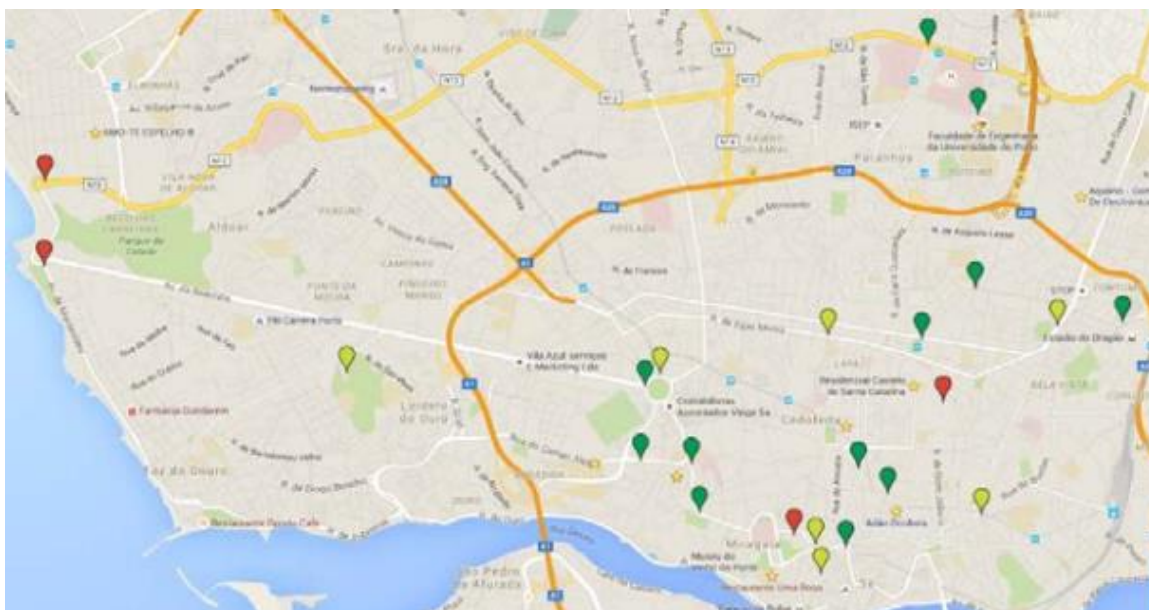


Figura 4.4 – Localização dos sensores de ruído, na cidade do Porto (Rocha et al., 2016)

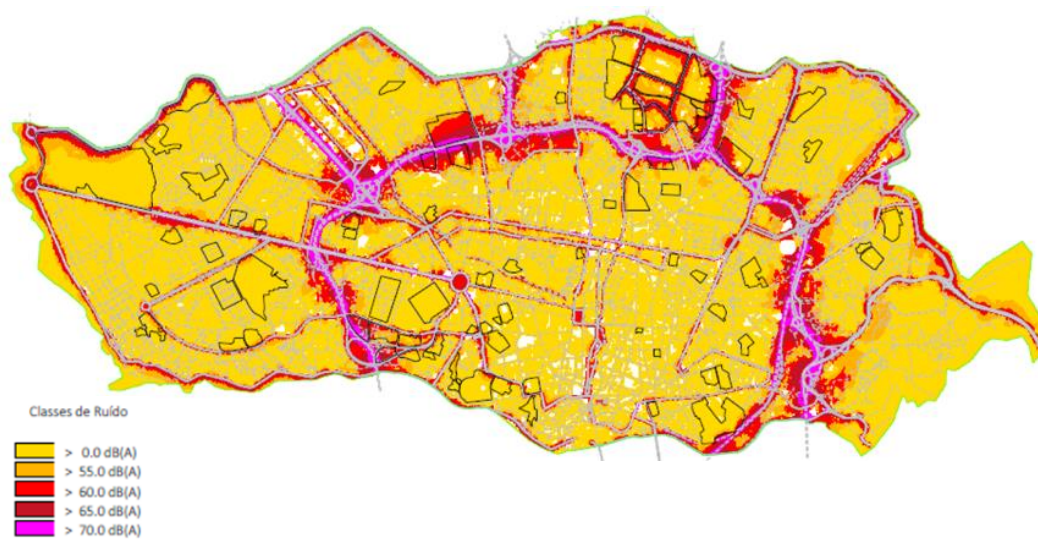


Figura 4.5 – Mapa de ruído da cidade do Porto com a representação do descritor L_{den} (adaptado de P@, 2016)

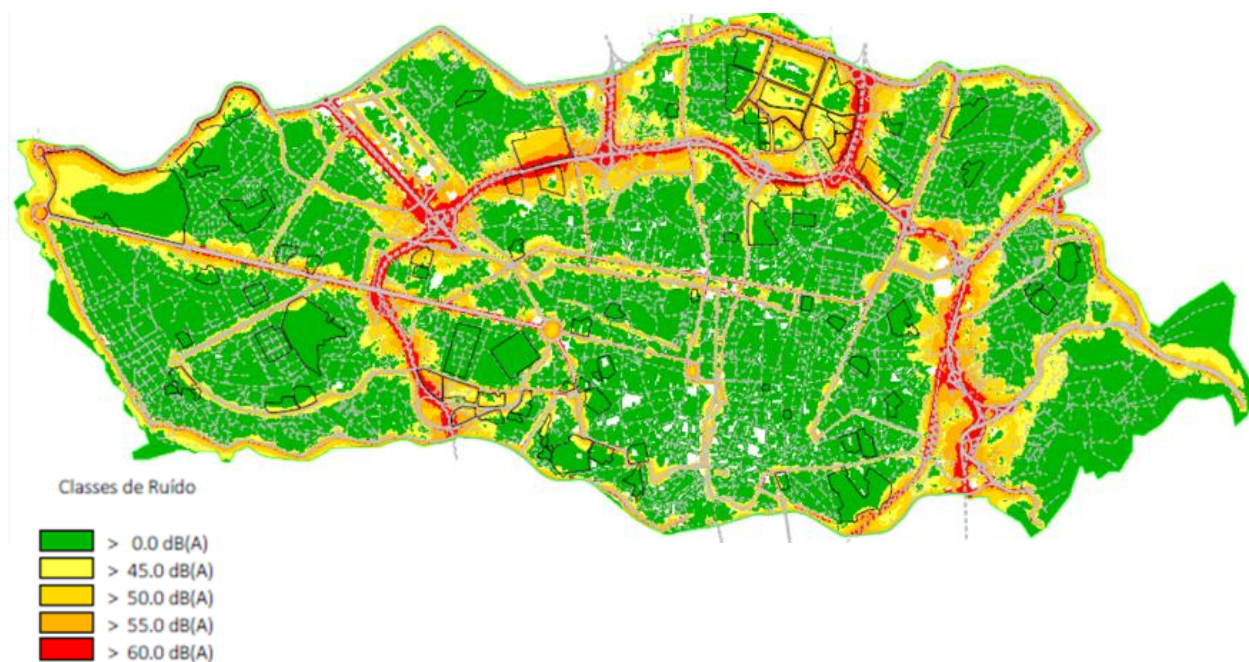


Figura 4.6 – Mapa de ruído da cidade do Porto com a representação do descritor L_n
(adaptado de P@, 2016)

Repare-se que, através destas representações, é possível identificar as zonas de risco, permitindo que esta investigação dê o seu próximo passo, que é hierarquizar as áreas em sobreexposição que necessitam de uma intervenção prioritária. Assim, a análise destes mapeamentos permitiram identificar oito zonas de risco, que coincidem com zonas residenciais que estão próximas de vias de tráfego.

Tendo sido identificada a principal fonte de ruído foi desenvolvido um plano municipal para a redução do ruído em que as medidas previstas para a mitigação do mesmo assentam essencialmente na gestão do tráfego automóvel. Esta gestão eficiente envolve a redução da velocidade de circulação, a redução do número de veículos pesados e reabilitação dos pavimentos. Existe ainda uma outra proposta de medida de mitigação do ruído, que se dirige à atenuação no receptor, que é intervir nos vãos envidraçados, mas apenas para casos excepcionais.

Em suma, é perceptível o benefício que as cidades podem tirar através da implantação de dispositivos de caracterização acústica e da definição de estratégias “inteligentes”.

4.3 Cidade de Santander

Santander é uma cidade portuária, situada no norte de Espanha, que pertence à província e comunidade autónoma de Cantábria. Esta cidade tem uma área de 35km² e cerca de 175 736 habitantes o que perfaz aproximadamente 5 000 hab./km².

Por norma, a evolução demográfica de uma cidade é o que leva os seus órgãos gestores a estimular a criação e a possível implantação de ideias inteligentes e sustentáveis para que se possa oferecer uma melhor qualidade de vida às suas comunidades. No entanto, se observarmos a tabela que se segue, que trata a evolução demográfica da cidade em estudo, concluímos que essa não pode ter sido a única causa desta cidade ingressar pelos caminhos *smart*, uma vez que a população tem decrescido.

Quadro 4.1 – Evolução demográfica da cidade de Santander.

Evolução demográfica								
1981	1986	1991	1996	2000	2004	2005	2013	2014
180328	186145	191079	185410	184264	183799	183955	177123	175736

Outra possível justificação é o facto de fazer uso da evolução da tecnologia para promover a interacção entre a comunidade habitacional e a cidade, no que toca aos seus órgãos gestores e ao fornecimento de serviços. É este fundamento que leva a cidade de Santander a promover a implantação em ambiente real de um projecto que até então estava apenas em laboratório, que ajuda a compreender a cidade através dos sons que esta produz.

O referido projecto já foi mencionado anteriormente, é o *EAR-IT Project*. Este estudo consistiu na implantação total de 12 mil sensores acústicos por toda a cidade em diferentes níveis, para que o tratamento acústico ambiental da cidade fosse o mais real possível, com o objectivo de, através da captação de ruídos, melhorar o tráfego, poupar energia e aumentar a segurança dos cidadãos. Na figura 4.7 podemos observar um mapa que mostra a distribuição de alguns dos dispositivos de monitorização na cidade de Santander.



Figura 4.7 – Distribuição dos dispositivos de monitorização na cidade de Santander (retirado do GOOGLE@, 2016)

Estes sensores acústicos foram colocados em semáforos, postes de iluminação, fachadas de edificações e embutidos nos pavimentos, como já foi exposto anteriormente. A figura 4.8 mostra a implantação dos sensores acústicos nos postes de iluminação.



Figura 4.8 – Sensor acústico colocado num poste de iluminação (retirado do GOOGLE@, 2016)

A implantação destes dispositivos acústicos mostra-se eficiente e bastante útil num ponto crítico da cidade, validando a viabilidade de utilização da tecnologia aliada ao ruído, na zona onde se situa o principal hospital da cidade de Santander. Este era um ponto da cidade onde se

registavam inúmeros acidentes de viação, visto que é um sítio da cidade que regista bastante tráfego. A inclusão destes dispositivos de monitorização permitiu aos órgãos competentes fazer uma gestão eficaz dos semáforos e com isso reduzir o número de acidentes e maximizar a fluidez de tráfego. Por exemplo, este ponto de circulação é um local obrigatório de passagem das ambulâncias para elas poderem chegar até ao hospital, estes sensores acústicos permitem, mesmo sem ver a ambulância, detectar o local de onde ela sai e para onde ela vai e assim fazer uma gestão eficaz dos semáforos, de forma a que o tempo que a ambulância demora a fazer o seu percurso seja o mais reduzido e o mais seguro possível.

Outro benefício para o tráfego da cidade notou-se ao nível dos pontos críticos de trânsito, que praticamente desapareceram, uma vez que estes sensores detectam situações de trânsito caótico apenas com a captação do ruído emitido pelo conjunto de viaturas, e disponibilizam a informação em tempo real. Esta informação pode ser consultada por qualquer condutor, permitindo assim que este faça um caminho “ótimo” na sua deslocação, evitando os pontos críticos e com isso reduzir a poluição sonora e a poluição atmosférica.

Salienta-se que esta implantação em massa de sensores acústicos para o tratamento de tráfego mostrou ser tão eficiente que foram implantados outros sensores com o intuito de fazer uma poupança eficiente de energia, através de uma gestão eficaz das luzes que iluminam uma determinada avenida. Assim, se o ruído medido pelo dispositivo registar valores baixos, a intensidade das luzes pode ser atenuada. Estes dispositivos foram concebidos igualmente para detectar situações de perigo, enviando de imediato um sinal de alerta as autoridades competentes.

Esta investigação no exterior mostrou ser tão eficiente que os próximos passos serão dados no sentido de incluir os dispositivos de monitorização no interior dos edifícios particulares para que, através dos níveis sonoros registados, o equipamento seja capaz de detectar o número de pessoas presentes na sala, de modo a regular a iluminação e os sistemas de aquecimento e arrefecimento, bem como detectar situações de emergência, à semelhança dos sensores colocados nas ruas.

Este tipo de projectos levanta questões de privacidade, que os autores do EAR-IT garantem estar segura. No entanto, existem utilizadores destes sensores que defendem inclusivamente que estes deveriam gravar as conversas para que se pudesse prever determinado tipo de situações, como por exemplo, os atentados e assaltos.

5 CONCLUSÕES

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação procurou conhecer o conceito recente de *smart city* e perceber como é que este se pode relacionar com a gestão de ruído ambiente numa cidade.

A densidade populacional em zonas urbanas tem vindo a aumentar nos últimos anos, e este cenário tem tendência para se agravar. Uma cidade é um espaço de problemas, desafios e oportunidades, e os cidadãos são a inovação, o conhecimento e a criatividade.

É sobre este pensamento do que é uma cidade e um cidadão que surge o conceito *smart city*. Este conceito é muito jovem e está ainda em exploração; no entanto, de acordo com o trabalho desenvolvido, podemos concluir que uma cidade inteligente é um meio urbano sustentável e eficiente que tem em consideração as necessidades da sua comunidade, ponderadas com a sua capacidade económica. Mas tudo isto só é possível se cada uma destas áreas fizer um correcto uso da tecnologia.

Actualmente, a tecnologia está presente em tudo, até nos objectos mais vulgares que utilizamos no nosso dia-a-dia, e uma cidade *smart* pretende tirar partido desta componente na gestão da cidade. Os progressos diários e visíveis da tecnologia estão na base do emergir deste novo conceito. Mas, saber integrar a tecnologia com cada uma das áreas que constituem uma cidade é uma “arte”, e pode tornar este caminho num ciclo vicioso.

Para que uma cidade possa ser *smart*, inicialmente tem que se perceber quais as áreas prioritárias para intervenção; seguidamente, tem que se elaborar propostas economicamente possíveis e sustentáveis e, só depois, se procede à intervenção. Contudo, nem sempre é assim tão linear, por vezes não há capacidade financeira suficiente ou então a intervenção, embora tenha sido pensada para benefício dos cidadãos, estes podem estar em desacordo e, neste caso volta tudo ao início.

Daí que esta nova ideologia promova a participação directa dos cidadãos de um centro urbano na gestão do mesmo, para que as intervenções sejam rápidas, eficientes e satisfatórias para todos, visto que os cidadãos são os maiores utilizadores de uma cidade.

Cada cidade é um caso particular, tem a sua essência, a sua história, mas todas têm a possibilidade de ser *smart*, para isso apenas têm que ingressar no caminho certo. Um dos caminhos que pode levar uma cidade a ser inteligente é esta saber tirar partido da tecnologia para fazer a sua própria gestão eficiente do ruído ambiente. A gestão de ruído de uma cidade não pode ser feita apenas através da fiscalização das actividades ruidosas, sejam elas temporárias ou permanentes, tem que se procurar conhecer os níveis de exposição de ruído a que a população está sujeita, que advêm do tráfego, seja ele rodoviário, ferroviário ou aéreo, das instalações comerciais, industriais e residenciais.

Este tipo de conhecimento é essencial para fazermos um uso eficiente do solo, e reduzir os níveis de exposição de ruído respeitando as capacidades económicas e sociais de cada cidade. Para alcançar esse objectivo, cada cidade deve fazer um correcto uso de dispositivos de monitorização de ruído, para fazer uma caracterização geográfica dos níveis de ruído observados em si mesma, através de mapas de ruído.

A elaboração de um mapa de ruído é o ponto de partida para a compreensão acústica ambiente de uma cidade. Esta é uma ferramenta valiosa, uma vez que contém o traçado das linhas de igual valor de ruído, às quais corresponde uma determinada classe de valores expressos em dB(A), que permite identificar fontes de ruído e as zonas mais afectadas. É a partir destas representações gráficas que se tomam decisões importantes como áreas a intervir e ordenamento do território futuro.

Hoje em dia, os sensores acústicos são de tal forma evoluídos do ponto de vista tecnológico, que permitem, apenas com a captação de sons, controlar semáforos, para permitir uma maior fluidez de tráfego, poupar energia, analisando através do ruído captado a intensidade de movimento numa avenida de forma a fazer um controlo eficiente da iluminação, e por fim aumentar a segurança, enviando um sinal de alerta para um agente competente sempre que através de um ruído o sensor detectar um sinal de perigo, como um tiro, ou uma bomba.

Actualmente, dá-se o devido valor às questões relacionadas com a privacidade de cada pessoa, portanto, tanto os dispositivos de monitorização acústica colocados no exterior de uma cidade, como os implantados no interior de edificações devem garantir a total protecção da privacidade do utilizador. No entanto, o Homem acompanha as transformações que o mundo sofre, e devido à conjuntura actual, alguns cidadãos defendem que as estações acústicas deviam fazer a captação de voz, para que se pudesse prever, por exemplo, a preparação de ataques terroristas.

A principal conclusão que podemos tirar, após a investigação apresentada é que, a melhor forma de compreendermos e ajudarmos uma cidade, é captar os sons que nela se produzem,

fazer o seu tratamento e correcta interpretação, definindo estratégias inteligentes que permitem melhorar continuamente a qualidade sonora do ambiente urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAI (2011). “Mapa de Ruído do Município de Coimbra – actualização para os novos indicadores Lden e Ln”, ADAI. Visível em: http://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/SituacaoNacional/MapasRuidoMunicipais/RNT_Coimbra.pdf.
- Amicis, A. (2016). “Interoperable Smart City services through an Open Platform for urban Ecosystems”. European Commission. Visível em: <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/connected-smart-cities/presentations/12-i-scope.pdf>.
- Angelidou, M. (2014). “Smart city policies: A spatial approach”. *Cities*, Vol. 41 (1), pp. 3-11, DOI:10.1016/j.cities.2014.06.007.
- Angelidou, M. (2015). “Smart Cities: A conjunctures of four forces”. *Cities*, Vol. 47, pp. 95-106, DOI: 10.1016/j.cities.2015.05.004.
- BSC@. Big Smart Cities (2016). <http://bigsmartcities.com/>, Data da consulta: 25/04/2016.
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Ramon Gil-Gacia, J., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. e Jochen Scholl, H. (2012). “Understanding Smart Cities: An Integrative Framework”. 45th Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 2289-2297, DOI: 10.1109/HICSS.2012.615.
- CMC@. Câmara Municipal de Coimbra (2016). <http://www.cm-coimbra.pt/index.php/component/content/archive?year=2009&month=7>, Data da Consulta: 16/07/2016.
- Detroz, D., Pavez, C. e Vianna, A. (2014). “Cidades sustentáveis, inteligentes e inclusivas: reinvenção das cidades”. *Revista de extensão e iniciação científica SOCIES – REIS*, pp. 41-51.
- Diário da República. (2007). Decreto-Lei nº 9/2007, 14 de Janeiro. I série-A, nº 12, Lisboa.
- DSM@. Digital Single Market (2016). <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ear-it-using-sound-picture-world-new-way>, Data da consulta: 12/07/2016.
- Época de Negócios (2015). “Na Espanha, ruídos ajudam a melhorar o trânsito”. *Época NEGÓCIOS*. Visível em: <http://epocanegocios.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Transportes/noticia/2015/01/na-espanha-ruídos-ajudam-melhorar-transito.html>.
- Fernandes, R. e Gama, R. (2009/10). “Cidades inteligentes, inteligência territorial e criatividade em Portugal. A relação entre as dimensões real e virtual dos sistemas de conhecimento e aprendizagem”. *Cadernos da Geografia*, Vol. 28/29, pp. 81-91.

- G@. Gizmag (2016). <http://www.gizmag.com/ear-it-project-smart-city/34396/>, Data da consulta: 12/07/2016.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., e Meijers, E. (2007). “Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities”. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. Available from http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.
- Godinho, L., Santos, P., Mendes, P., Pereira, P. e Martins, M. (2016). “Experimental and numerical analysis of sustainable sonic crystal barriers based on timber logs”, EuroRegio 2016, pp. 1-10.
- Hall, R. (2000). “The Vision of a Smart City”. 2nd International Life Extension Technology Workshop. Visível em <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/773961>.
- Harrison, C., Eckman, C., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, Paraszcak, J. e Williams, P. (2010). “Foundations for Smarter Cities”. IBM Journal of Research and Development, Vol. 54 (4), pp 1-16, DOI: 10.1147/JRD.2010.2048257.
- Hill, D., Doody, L., Watts, M. and Bucher, V. (2011). “The smart solution for cities”. Arup UrbanLife. Visível em [file:///C:/Users/M%C3%B3nica/Downloads/UrbanLife_SmartSolutionForCities_July11%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/M%C3%B3nica/Downloads/UrbanLife_SmartSolutionForCities_July11%20(3).pdf).
- Hollands, R. (2008) “Will the real smart city please stand up?”. City, Vol. 12(3), pp. 303-320, DOI:10.1080/13604810802479126.
- ISP@. I-Scope project (2016). <http://www.iscopeproject.net/>, Data da consulta: 13/07/2016.
- Kolokytha, E., Kolokythas, G., Valsamidis, S. e Florou, G. “THE CONTRIBUTION OF THE OPEN DATE TO THE DEVELOPMENT OF THE SMART CITIES”. Scientific Bulletin – Economic Sciences, Vol. 14 (2), pp. 3-16.
- Lee, J., Hancock, M. e Hu, M. (2014). “Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and Sam Francisco”. Technological Forecasting & Social Change, Vol. 89, pp. 80-99, DOI: 10.1016/j.techfore.2013.08.033.
- LH@. Lisboa Horizontal (2016) <http://lisboahorizontal.pt/>, Data da consulta: 24/04/2016.
- Loctier, D. (2014). “As paredes têm ouvidos em Santander”. Euronews. Visível em: <http://pt.euronews.com/2014/10/13/as-paredes-tem-ouvidos-em-santander/>.
- Luzzi, S., Natale, R. e Mariconte, R. (2013). “Noise awareness for smart cities”. 20th International congress on sound & vibration”, pp 1-9.
- Luzzi, S., Natale, R. e Mariconte, R. (2016). “Acoustics for smart cities”. Visível em: http://www.vienrose.it/website/publications-site/wp-content/uploads/2014/10/PUB_104_O.pdf.
- Magrini, A., Luzzi, S., Borch, F. e Falchi, A. (2013). “Urban quality assessment by means of indicators and indexes: application of and acoustics quality index and analysis of other significant indexes for smart cities evaluations”. 20th International congress on sound & vibration”, pp 1-8.
- Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. e Steels, L. (2009). “NoiseTube: Measuring an mapping noise pollution with mobile phones”. Information Technologies in Environmental Engineering, pp 2015-228. DOI: 10.1007/978-3-540-88351-7_16.

- Mateus M., Carrilho, J. e Silva, M. (2016). "Estudo do impacto de actividades musicais noturnas na componente acústica do ambiente, em zonas urbanas. Seu enquadramento no conceito "smart cities". EuroRegio 2016, pp. 1-9.
- Matos, J., Fradique, J., Tavares, L., Guedes, M. e Leite, M. (2011). "Guia prático para medições de ruído ambiente – no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996". Agência Portuguesa do Ambiente. Visível em: http://www.apambiente.pt/zdata/dar/ruído/notastecnicas_estudosreferencia/guiapraticome_dicoesruídoambiente.pdf.
- Natale, R. and Luzzi S. (2013). "Solutions to noise problems for smart cities". 44º Congreso español de acústica, Encuentro Ibérico de acústica, EAA European symposium on environmental acoustics and noise mapping, pp 1-8.
- Neirotti, P., Marco, A., Corinna Cagliano, A., Mangano, G. e Scorrano, F. (2014). "Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts". Cites, Vol. 38, pp. 25-36, DOI: 10.1016/j.cities.2013.12.010.
- Norma ISO 1996:1 (2011). "Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente – Grandezas fundamentais e métodos de avaliação".
- Norma ISO 1996:2 (2011). "Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente – Determinação dos níveis de pressão sonora de ruído ambiente".
- Norma ISO 37120 (2014). "Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life".
- NT@. NoiseTube (2016). <http://noisetube.net/#&panel1->, Data da Consulta: 29/04/2016.
- P@. Porto. (2016). <http://www.cm-porto.pt/gestao-de-ruído/planeamento-estrategico>. Data da consulta: 23/07/2016.
- Pereira, P. (2016). "Cidades europeias testam novas soluções para logística urbana". Transportes em revista, Vol. 155, pp 46-50. Visível em <http://www.transportesemrevista.com/Default.aspx?tabid=210&language=pt-PT&id=54214>.
- PN@. Projeto Novelog (2016) <http://novelog.eu/>, Data da consulta: 4/02/2016.
- Rocha, C., Sousa, S., Calçada, T. e Aguiar, A. (2016). "UrbanSense Platform: Smart Sensing the Environment in Urban Areas". EuroRegio 2016, pp. 1-3.
- Santos, L. (2008). "Mapas de ruído e avaliação ambiental estratégica", CNAI. Visível em: <http://www.apai.org.pt/m1/1226942252sub.79.pdf.pdf>.
- Silva, L. e Mendes, J. (2012). "City noise-air: An environmental quality index for cities". Sustainable Cities and Society, Vol. 4, pp. 1-11, DOI: 10.1016/j.scs.2012.03.001.
- Smart Santander City – EAR-IT Project (2014). "Smart city of the week: Santander". Smart Circle. Visível em: <http://www.smart-circle.org/smartcity/blog/smartsantander-city/>.
- Tadeu, A., Mateus, D., António, J., Godinho, L. e Mendes, P. (2010). "Acústica Aplicada". Área científica de construções, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- Valadas, V., Leite, M. e César, C. (2004). "O Ruído e a Cidade". Instituto do ambiente. Visível em: http://www.apambiente.pt/zdata/DAR/Ruído/o_ruído_e_a_cidade.pdf.