



# ESTUDO DO IMPACTO DE ATIVIDADES MUSICAIS NOTURNAS NA COMPONENTE ACÚSTICA DO AMBIENTE, EM ZONAS URBANAS. SEU ENQUADRAMENTO NO CONCEITO DAS “SMART CITIES”

Mário Mateus <sup>1</sup>, João A. Dias Carrilho <sup>1</sup>, Manuel C. Gameiro da Silva <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ADAI/LAETA – Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra – Pólo II, 3030-201 Coimbra, PORTUGAL. Tel. (351) 239 708 580 Fax: (351) 239 708 589  
[mario.mateus@dem.uc.pt](mailto:mario.mateus@dem.uc.pt), [joao.carrilho@dem.uc.pt](mailto:joao.carrilho@dem.uc.pt), [manuel.gameiro@dem.uc.pt](mailto:manuel.gameiro@dem.uc.pt)

## Resumo

No presente trabalho apresentam-se os resultados de monitorizações de ruído ambiental efetuadas ao longo de vários anos durante a ocorrência de espetáculos musicais noturnos na cidade de Coimbra. Os resultados obtidos mostram que uma percentagem significativa da população, aproximadamente 25% da população da zona urbana de Coimbra, é potencialmente afetada por níveis sonoros elevados durante cerca de 15 noites em cada ano. É também evidenciado que as condições de propagação têm forte influência nos níveis registados localmente. Conclui-se da necessidade de proceder de forma eficaz na regulação destes eventos, envolvendo as populações e as autoridades administrativas.

Estas ações têm enquadramento no conceito atual de “Smart Cities”. O recurso às tecnologias de informação e de comunicação (ICT) e ao conceito do “crowdsourcing” são atualmente mecanismos facilitadores através dos quais os cidadãos são informados, abrindo portas à sua participação ativa na promoção da sustentabilidade ambiental. Promove-se desta forma o seu envolvimento numa gestão social e económica da componente acústica do ambiente em parceria com as autoridades das suas cidades.

**Palavras-chave:** Grandes eventos ruidosos, ruído ambiental e cidades inteligentes, incomodidade

## Abstract

In this paper the results of environmental noise monitoring campaigns carried out over several years during the occurrence of nightly musical shows in the city of Coimbra are presented. The results show that a significant percentage of the population of the urban area of Coimbra, approximately 25%, is potentially affected by high noise levels for about 15 nights each year. It is also shown that the propagation conditions have strong influence on the sound levels recorded locally. The conclusion is the need to proceed effectively in regulating these events, involving the public and the administrative authorities.

These actions may be framed in the current concept of "Smart Cities". The use of information and communication technologies (ICT) and the concept of "crowdsourcing" are currently facilitating mechanisms through which citizens may be informed, opening doors to their active participation in promoting environmental sustainability. This way their involvement in the social and economic management of environmental noise component, in partnership with the authorities of their cities, is promoted.

**Keywords:** noise large events; community noise; annoyance; environmental acoustics and smart cities; crowdsourcing

PACS: 43.50.Rq, 43.50.Sr

## 1 Introdução

A cidade de Coimbra representa um excelente exemplo de integração de uma cidade universitária, com uma tipologia urbana específica, como tradições cerimoniais e culturais muito próprias que têm sido mantidos vivos através dos tempos. É uma das mais antigas universidades da Europa. Depois de ter alternado a sua localização entre Lisboa (ano de 1290) e Coimbra, foi fixado definitivamente nesta cidade no ano de 1537. Compreende-se, deste modo, que as tradições académicas estejam profundamente enraizados na comunidade universitária, e também nos habitantes da cidade.

Dada a riqueza e a diversidade da sua arquitetura, e das suas tradições, em 22 de Junho de 2013 a Universidade foi declarada Património Mundial pela UNESCO.

Existem dois eventos académicos que têm grande participação dos estudantes, dos cidadãos de Coimbra e também de visitantes de outras regiões do país. Estes eventos correm no mês de outubro e de maio de cada ano letivo, respetivamente: a “Festa das Latas” que ocorre no início do ano letivo; e a “Queima das Fitas” que simboliza o encerramento do ano letivo e para muitos estudantes o terminar do curso.

Essas festividades incluem muitas atividades culturais e desportivas, dando especial ênfase aos espetáculos musicais. Estes englobam a música tradicional dos estudantes e ainda concertos de música pop-rock, e que têm um padrão regular relativamente à sua localização e frequência. Os eventos realizam-se duas vezes por ano, durante 7 a 8 noites consecutivas, ao ar livre, entre as 23:00 às 06:00, sempre no mesmo local, numa área central da cidade, na margem esquerda do rio Mondego, a Praça da Canção.



Figura 1 - Vista noturna de um concerto de música pop-rock na “Praça da Canção”.

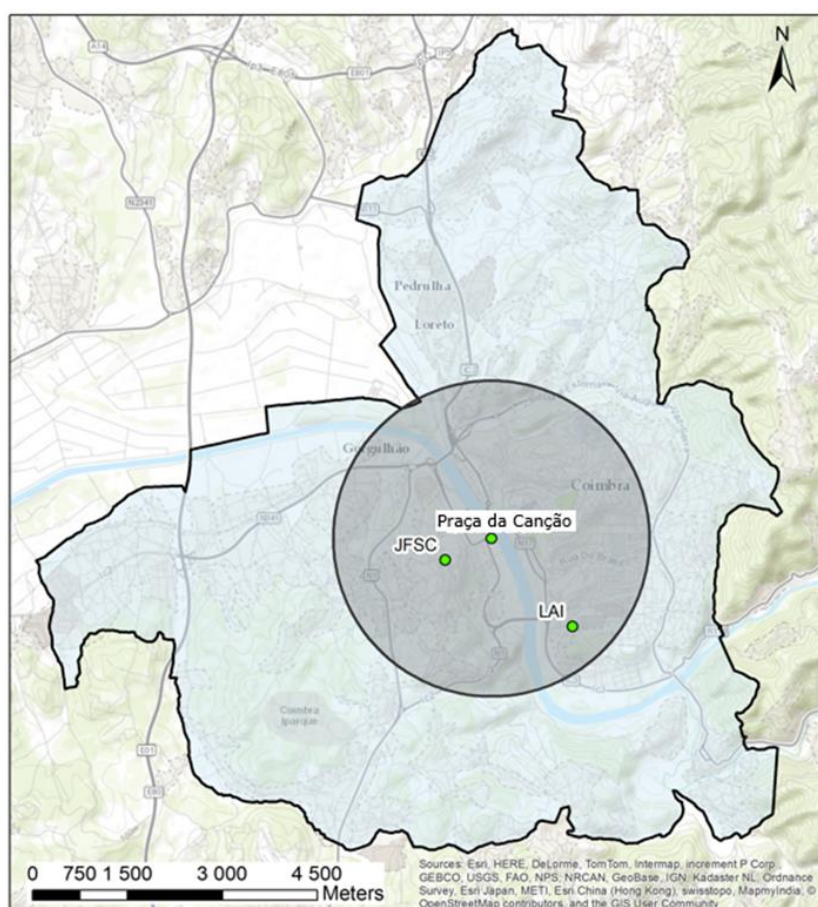


Figura 2 - Área de incidência do estudo (círculo com raio 2,5 km centrado na “Praça da Canção”)

Na Figura 2 representa-se a área de estudo, no centro da qual se indica o local onde ocorrem os eventos musicais (“Praça da Canção”) e ainda dois pontos adicionais, a junta de Freguesia de Santa Clara (JFSC) e o Laboratório de Aerodinâmica Industrial (LAI). Foram instalados nestes dois últimos locais sistemas de monitorização contínua de ruído. A área delimitada pelo círculo (19,6 km<sup>2</sup>) contém, aproximadamente, 35.000 habitantes, representando 25% do total da população do concelho de Coimbra (149.425 habitantes - 319 km<sup>2</sup>). A forma irregular delimitada pela linha contínua de cor preta representa a zona urbana do município (74.000 habitantes - 83,2 km<sup>2</sup>) [1].

A legislação existente atualmente em Portugal [2] considera dois critérios distintos para regular os níveis sonoros produzidos, na generalidade, por atividades ruidosas permanentes: o primeiro é referente à determinação dos indicadores de longa duração Lden e Ln (que para este tipo de eventos não é aplicável); e o segundo refere-se ao critério de incomodidade para o qual é fixado que o nível sonoro produzido por uma determinada atividade, não pode exceder o som residual em mais de 5dB, 4dB ou 3dB, respetivamente, para os períodos diurno, entardecer e noturno.

No entanto a tipologia de eventos, como os abordados neste estudo, são considerados pela legislação como atividades ruidosas temporárias. Para estas, apenas se prevê que sejam solicitadas, junto das autoridades locais (Câmaras Municipais), licenças especiais de ruído. Estas licenças “à priori” possibilitam que nos dias e dentro dos horários indicados se possam produzir níveis sonoros sem que se tenha de cumprir qualquer limite. Contudo as autoridades podem condicionar a emissão dessas licenças ao cumprimento de medidas técnicas de mitigação. Atualmente, nem todos os municípios dispõem de meios técnicos com conhecimento específico que lhes permita poder impor tais medidas e



fixar limites para os níveis sonoros produzidos, que possam ser considerados razoáveis, e muito menos para fiscalizar o seu cumprimento.

## 2 Campanhas de monitorização durante os eventos “Queima das Fitas” entre 2012 e 2015

Ao longo dos últimos 4 anos os autores têm efetuado a monitorização contínua dos níveis sonoros ao longo de todo o mês de maio em locais geograficamente pré-definidos que, para além de servirem sempre de referência, possibilitam uma boa cobertura da zona de influência dos eventos ruidosos. Entre os anos de 2012 a 2015 foi montado um sistema de monitorização permanente no edifício JFSC assinalado na figura 2. Nos anos de 2014 e 2015, para além daquele ponto, foi adicionado um segundo ponto de monitorização, correspondente ao edifício do LAI também ele assinalado na figura 2. Um dos sistemas de monitorização permanente foi desenvolvido pelos autores, e encontra-se acessível em <http://adai.zapto.org/> [3]. Os dois sistemas possuem uma precisão correspondente à classe I [4]. Para uma melhor localização as coordenadas GPS e as distâncias entre os locais de monitorização são apresentadas na tabela 3. Os locais são também apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, assim como a informação sobre direção e velocidade do vento durante o período de monitorização. Estes valores referem-se a dados recolhidos pela estação meteorológica instalada no LAI, e acessível em [ADAI@LAI Weather - Weather Underground](http://ADAI@LAI Weather - Weather Underground).

Tabela 1 – Coordenadas GPS e distâncias (dados obtidos no Google Earth, versão 7.1.2.2041)

	Coordenadas GPS	Distância à Praça da Canção
Praça da Canção	N 40° 12' 14.56" W 8° 25' 51.91"	---
JFSC	N 40° 12' 4.11" W 8° 26' 22.73"	800 m
LAI	N 40° 11' 30.73" W 8° 24' 57.74"	1880 m

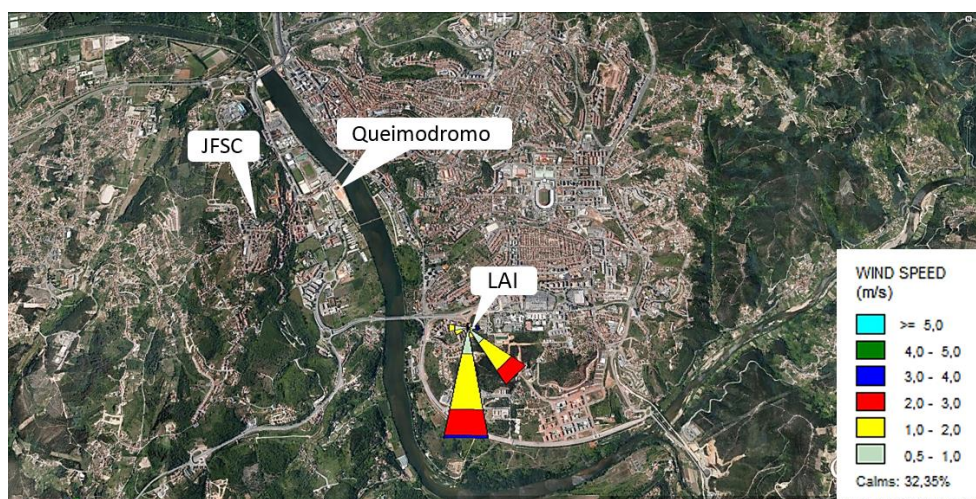


Figura 3 – Direção de proveniência da velocidade do vento durante as noites do evento, maio 2012

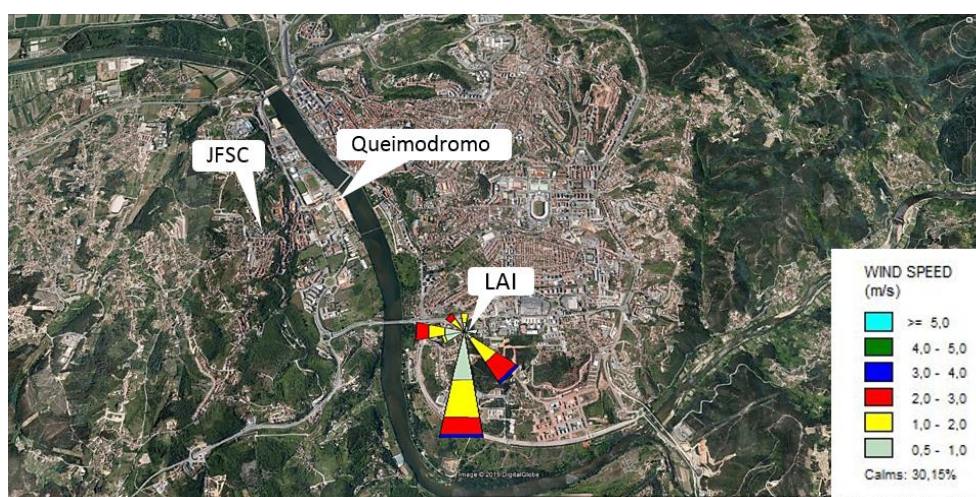


Figura 4 – Direção de proveniência da velocidade do vento durante as noites do evento, maio 2013

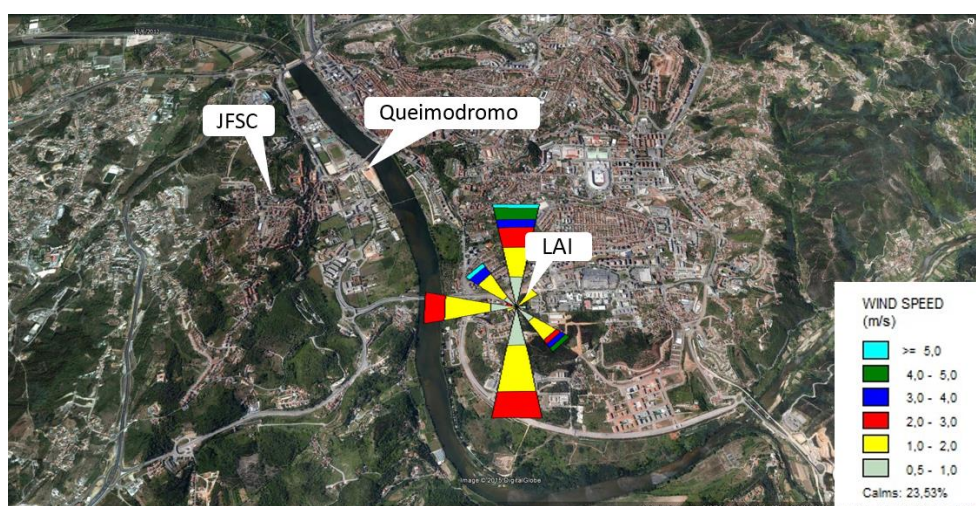


Figura 5 - Direção de proveniência da velocidade do vento durante as noites do evento, maio 2015

No mês de maio do ano de 2014, os dados da direção e da velocidade do vento não estavam disponíveis. Durante as noites dos eventos nos anos de 2012 e 2013 a direção do vento é predominantemente de Sul para Norte. No ano de 2015 ocorreu uma componente significativa na direção oposta, ou seja de Norte para Sul.

## 2.1 Resultados das monitorizações efetuadas na JFSC

Os níveis sonoros adquiridos ao longo dos meses de maio, nestes quatro anos, permitiram avaliar a influência que os eventos musicais têm nesses locais.

As Figuras 6 a 9 mostram a evolução dos valores médios (média energética) dos níveis sonoros  $L_{Aeq,15min}$ . As linhas pretas contínuas representam o valor médio energético contabilizando apenas os dias em que decorreram os eventos musicais. As linhas pretas tracejadas representam o valor médio energético dos restantes dias do mês de maio.

No período noturno, aquelas figuras colocam em evidência que o nível sonoro  $L_{Aeq,15min}$  (linha preta contínua), excede largamente o nível sonoro médio de referência (linha preta tracejada).



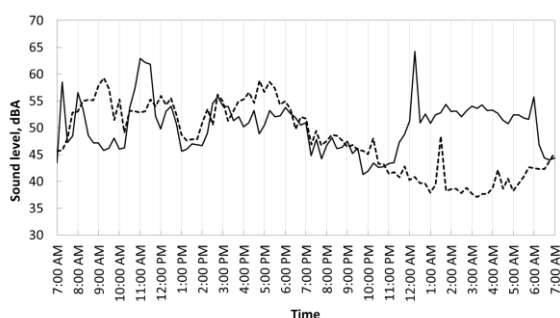


Figura 6 – evolução media diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2012 (edifício JFSC)

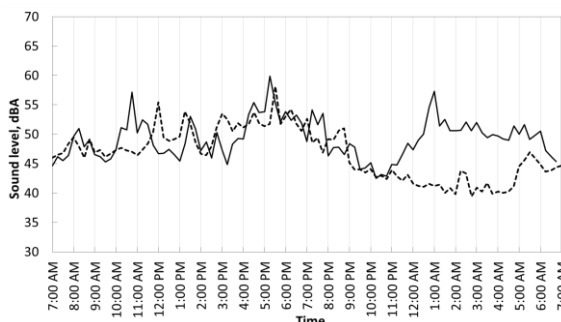


Figura 7 - evolução media diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2013 (edifício JFSC)

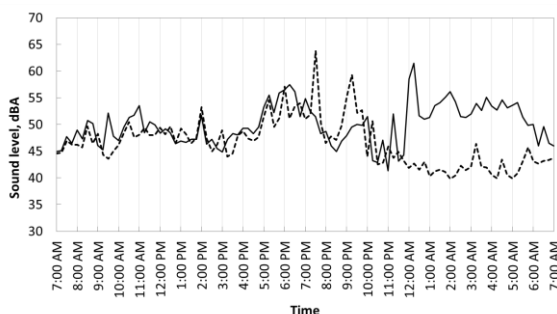


Figura 8 - Evolução media diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2014 (edifício JFSC)

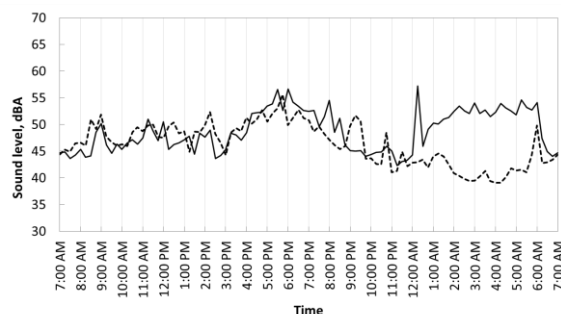


Figura 9 - Evolução media diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2015 (edifício JFSC)

Tabela 2 – Níveis sonoros registados (edifício JFSC) durante os últimos 4 anos, em cada um dos períodos de referência (dB(A) re  $2 \times 10^{-5}$ Pa).

	maio, 2012		maio, 2013		maio, 2014		maio, 2015	
	Durante o evento	Fora do evento	Durante o evento	Fora do evento	Durante o evento	Fora do evento	Durante o evento	Fora do evento
$L_{Aeq, 7h-20h}$	54	54	51	51	51	51	50	50
$L_{Aeq, 20h-23h}$	45	46	46	47	48	52	48	47
$L_{Aeq, 23h-7h}$	54	41	51	43	54	43	52	43
$L_{Aeq, 24h}$	52		50		51		49	
$\Delta L_{Aeq, 23h-7h}$	13		8		11		9	

O valor das diferenças entre os níveis sonoros, representados por  $\Delta L_{Aeq, 23h-7h}$  na tabela 2, e que ocorre durante e fora dos eventos em períodos homólogos, são indicadores do impacto que aqueles eventos têm junto da população na zona próxima. Nos restantes períodos as diferenças de níveis  $L_{Aeq, 7h-20h}$  e  $L_{Aeq, 0h-23h}$ , não excedem 1 dB(A). Apenas no período de entardecer no mês de maio do ano de 2014, a diferença foi superior, tendo-se verificado que o nível mais elevado foi registado fora do período em que decorria o evento. Para esta ocorrência os autores não encontraram nenhuma explicação evidente. Anualmente e durante os períodos de ocorrência destes eventos, os resultados obtidos denotam alguma variabilidade no indicador  $L_{Aeq, 23h-7h}$ .

Considerando o valor médio obtido a partir dos dados adquiridos no mês de maio, nos últimos quatro anos, a estimativa da incerteza combinada [5] do indicador  $L_{Aeq, 23h-7h}$ , pode ser calculada pela equação (1):

$$u(L_{Aeq,23h-7h}) = \sqrt{u^2(son) + u^2(L') + u^2(met) + u^2(loc)} \quad (1)$$

onde:

$u(son)=0,5$  dB;

$u(L')=0,49$  dB (nível sonoro corrigido, pelo valor do nível residual obtido nos últimos quatro anos);

$u(met)=3$  dB

$u(loc)=0,4$  dB (microfone montado diretamente sobre a superfície da fachada);

Estes valores permitem obter uma incerteza expandida  $U(L_{Aeq,23h-7h})=6,21$  dBA, sendo este obtido a partir da combinação das componentes de incerteza atrás consideradas, e considerando um fator de cobertura  $k=2$  permite definir um intervalo de confiança de 95%. Considerando os valores da incerteza padrão apresentados, verifica-se que a fonte de incerteza mais influente é aquela que se relaciona com as condições de propagação devida ao terreno e às condições meteorológicas. Assim a comparação dos valores obtidos a partir de medições com um valor limite, deve ser cuidadosamente analisado.

## 2.2 Resultados das monitorizações efetuadas no LAI

No local designado por LAI (ver Figura 2), a influência dos níveis sonoros registados não é tão pronunciada (estes pontos distam aproximadamente 2km da fonte de ruído), mas continua a ser claramente perceptível. Neste caso, durante o período noturno, a diferença nos anos de 2014 e 2015 foi de 2 dBA.

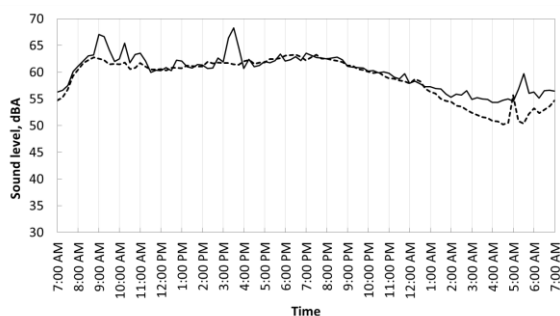


Figura 10 - Evolução média diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2014 (edifício LAI)

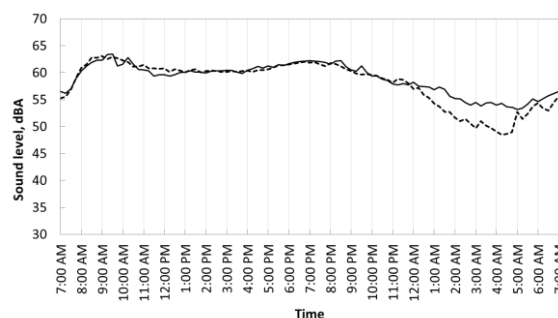


Figura 11 - Evolução média diária dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 15min}$  - maio 2015 (edifício LAI)

Neste local de medição, referenciado na figura 2 (LAI), estão disponíveis dados obtidos por um sistema de monitorização permanente desde 2009 até ao início de 2013, ao longo das 24 horas do dia, obtidos pela integração contínua, dos níveis de pressão sonora, por períodos consecutivos de 30min [6].

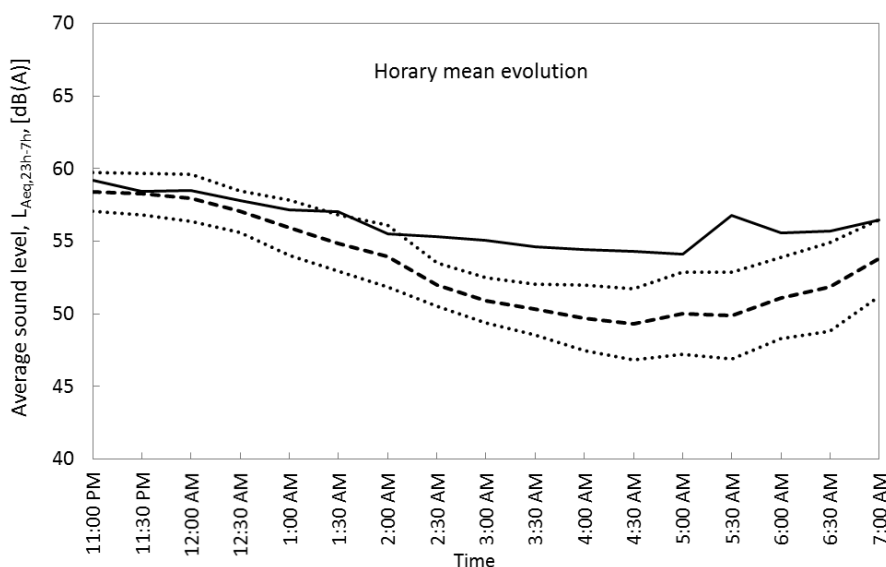


Figura 12 - Evolução média dos níveis sonoros,  $L_{Aeq, 30min}$  – período noturno (edifício LAI)

Na figura 12 a linha preta tracejada, representa a variação horária, média, durante o período noturno, obtida desde o ano de 2009 até ao início de 2013. No mesmo período as linhas pretas ponteadas definem um intervalo de confiança ao qual se encontra associada uma probabilidade de cobertura de 95%. A linha contínua preta representa o valor médio dos níveis sonoros registados nos meses de maio, no mesmo período de referência, registados no mesmo local, nos anos de 2014 e 2015.

É possível verificar que o valor médio deste evento se desvia sempre do valor médio característico do local, em particular excede 5dBA entre as 2:30AM e as 6:30AM. Este período corresponde ao período de descanso da população residente na envolvente desta área, configurando-se pois que possa existir grande incómodo. Refere-se que é durante os períodos em que ocorrem eventos sonoros específicos mais ruidosos, que a população é mais sensível e reativa, mesmo que até já se possa encontrar continuamente exposta a níveis de ruído ambiente relativamente elevados [7].

A propagação da energia sonora a longas distâncias é fortemente afetada pelas condições meteorológicas, sendo por isso admitir que no LAI a incerteza seja superior à indicada anteriormente para o JFSC. Este fato é não apenas devido ao efeito da propagação mas também à maior variabilidade do nível sonoro, uma vez que este sendo mais baixo, devido à distância, o ruído de outras fontes sonoras existentes nas proximidades do local de medição (LAI) passam a ter maior influência [8].

### 3 Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho permitem evidenciar que os níveis gerados por estes eventos (ou outros similares) são no imediato geradores de forte incómodo para a população. É, pois, compreensível que ocorram inúmeras reclamações por parte dos habitantes nas zonas mais próximas. Fica assim evidenciada a necessidade de implementação de medidas legislativas ou regulamentares de modo a ser possível a regulação deste tipo de eventos, minimizando o incómodo causado junto das populações.

Os autores propõem que a fixação de qualquer limite para os níveis sonoros permitidos tenha em consideração o valor da incerteza associada. Ficou evidenciado que considerando, exclusivamente, as componentes fixas, o valor da incerteza padrão associada às condições de propagação, devida ao terreno e às condições meteorológicas, é determinante para o valor final da incerteza, acentuando-se com a distância aos recetores mais afastados.





O recente paradigma de “Smart Cities” abrange diversas áreas da sociedade centrando-se na ideia de que a intervenção e o envolvimento dos cidadãos com as distintas autoridades administrativas aportam benefícios e ganhos, não apenas económicos mas também sociais, quando aqueles são chamados a participar e se envolvem na gestão dos seus espaços territoriais. Deste modo poderiam intervir, em conjunto com as entidades licenciadoras e fiscalizadoras, no sentido de encontrar um equilíbrio entre os seus legítimos interesses e os dos promotores deste tipo de eventos.

A tecnologia atual permite disponibilizar, em tempo real, um vasto conjunto de parâmetros da mais distinta natureza (*IoT – Internet of Things*).

A informação relativa à componente acústica pode assim ser disponibilizada em tempo real aos cidadãos, que passam deste modo a ter conhecimento do “pulsar” da sua cidade (ou da sua zona de residência).

A envolvimento dos cidadãos remete-nos para um outro conceito, o “crowdsourcing” - *processo de obtenção de serviços, ideias ou conteúdo mediante a solicitação de contribuições de um grande grupo de pessoas e, especialmente, de uma comunidade online* - perspetivando a abertura de novas áreas para o desenvolvimento do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pelos autores. As experiências de crowdsourcing podem envolver, quer a participação dos cidadãos em inquéritos para avaliação subjetiva da opinião da população, quer da utilização das capacidades de medição dos atuais telefones móveis para recolher informação geolocalizada e referenciada no tempo sobre os níveis de ruído.

## Referências

- [1] Censos. 2011. Statistics Portugal. <http://www.ine.pt/investigadores/Quadros/Q101.zip> (acedido a 2 de fevereiro de 2015)
- [2] DECRETO-LEI n°9/07. D.R. I Série. Regulamento Geral do Ruído. 12 (2007-01-17) 389-398.
- [3] Mateus, M.; Dias Carrilho, J.; Gameiro da Silva, M.. An experimental analysis of the correction factors adopted on environmental noise measurements performed with window-mounted microphones. *Applied Acoustics*, v. 87, 2015, pp 212-218.
- [4] IEC 61672-1:2002, Electroacoustics: Sound level meters. Part 1: Specifications; IEC; 2002
- [5] Draft 1st CD ISO 1996-2. 2012. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise - Parte 2: Determination of environmental noise levels. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2012.
- [6] Mateus, M., The influence of the sampling parameters on the uncertainty in environmental noise measurements, University of Coimbra, 2014, PhD Thesis in Portuguese, ISBN 978-972-8954-39-0
- [7] Alberola, J., Flindell, I. H. e Bullmore, A. J. Variability in road traffic noise levels. *Applied Acoustics*, v. 66, 2005, pp 1180-1195.
- [8] Jagniatinskis, A. and Fiks, B. Assessment of environmental noise from long-term window microphone measurements. *Applied Acoustics*, v. 76, 2014, pp 377-385.