



MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL DE UM FESTIVAL DE VERÃO

Manuel Matos^{1,2}, Nelson Silva^{1,3}, Hugo Silva^{1,3}, Joel Preto Paulo^{4,5}

¹ Departamento de Engenharia Química do ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, IPL - Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal

manuel.matos@isel.pt, nelson.silva@isel.pt, hugo.felix.silva@isel.pt

² IT- Instituto de Telecomunicações, Portugal

³ Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal

⁴ LAA - Laboratório de Áudio e Acústica do ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, IPL - Instituto Politécnico de Lisboa, Portugal

joel.paulo@isel.pt

⁵ NOVA – LINCS, Lisboa, Portugal

Resumo

A realização de festivais musicais, nomeadamente festivais de verão, tornou-se uma prática comum em muitas cidades. São exemplos destes eventos o Rock in Rio, o festival de Glastonbury e o Loollapalooza, entre muitos outros. Estes eventos, com a duração de vários dias, envolvem a participação de grandes nomes da música e atraem multidões. O seu impacto nas populações locais assume várias formas, desde os congestionamentos no trânsito, o aumento da poluição do ar e de poluição sonora. É este impacto que se avaliará para o Festival Sol da Caparica que se realiza anualmente na cidade da Costa da Caparica situada a 25 km de Lisboa, em Portugal.

Durante a realização deste festival foi monitorizado o ruído ambiente em dois locais equidistantes do palco do festival, mas situados em direções opostas. Os registos foram realizados em contínuo e durante todos os dias de realização do festival. Foi registada a intensidade sonora e também foi realizado um registo áudio para identificação dos eventos sonoros. O perfil sonoro registado durante o festival mostra máximos próximos de 90 dB(A) com um perfil típico a mostrar valores médios horários de 80 dB(A) entre as 17 e as 3 h. Apenas entre as 3 h e as 8 h de cada dia, os níveis sonoros descem para médias horárias próximas de 50 dB(A). Constatou-se que durante os dias de realização do festival não são cumpridos os limites legais de exposição ao ruído definidos na legislação portuguesa (Decreto-Lei 9/2007). Os valores de exposição diários poderão ser impactantes sob ponto de vista de uma elevada dose de ruído a que as populações são expostas. Está também em causa o repouso dos habitantes nas redondezas destes eventos. Evidencia-se que os locais para a realização destes festivais deverão ser criteriosamente escolhidos pelas autarquias de modo a minimizar os efeitos nas populações.

Palavras-chave: Ruído ambiental, Festivais de música, Diretiva Europeia do Ruído Ambiental, Ruído e saúde, Monitorização contínua do ruído.

Abstract

Music festivals, particularly summer festivals, has become a common practice in many cities. Examples of these events include Rock in Rio, the Glastonbury festival and Lollapalooza, among many others. These events, lasting several days, involve the participation of big names in music and attract huge crowds. Its impact on local populations takes many forms, from traffic congestion to increased air pollution and noise pollution. It is this impact that will be evaluated for the Sol da Caparica Festival, which takes place annually in the city of Costa da Caparica, located 25 km from Lisbon, in Portugal. During this festival, ambient noise was monitored in two locations equidistant from the festival stage, but located in opposite directions. Records were made continuously and during every day of the festival. The sound intensity was recorded and an audio recording was also made to identify the sound events. The sound profile recorded during the festival shows maximums close to 90 dB(A) with a typical profile showing hourly average values of 80 dB(A) between 5 pm and 3 am. Just between 3 am and 8 am each day, sound levels drop to hourly averages close to 50 dB(A). It was found that during the festival days, the legal limits of exposure to noise defined in Portuguese legislation (Decree-Law 9/2007) are not complied with. Daily exposure values may be impactful from the point of view of the high dose of noise to which populations are exposed. The rest of the inhabitants in the vicinity of these events are also at stake. It is clear that the locations for holding these festivals must be carefully chosen by city halls in order to minimize the effects on the population.

Keywords:

Environmental noise, Music festivals, European Environmental Noise Directive, Noise and health, Continuous noise monitoring.

PACS no.: 43.28.Hr, 43.50.Rq, 43.50.Sr, 43.50.Yw

1 Introdução

A realização de festivais musicais, nomeadamente durante o verão tornou-se habitual nas grandes cidades, mas também em cidades médias e mesmo pequenas vilas. Este é um modo de atração de turistas e visitantes às cidades e também como elemento dinamizador junto dos jovens e da população em geral. [1, 2, 3, 4,]. Grandes festivais como Rock in Rio tornaram-se atrações em várias cidades onde replicaram a sua existência. A realização destes festivais tornou-se mesmo uma imagem de marca para algumas localidades e a sua realização tornou-se habitual e repetida todos os anos. Festivais como o festival de Glastonbury e o Lollapalooza são exemplos desta realidade, entre outros referidos na literatura [5, 6, 7, 8]. Em Portugal, nomeadamente nas grandes cidades como Lisboa e Porto é já habitual a realização de grandes festivais de verão. Também as cidades mais pequenas se juntaram a esta dinâmica com a realização dos seus festivais de verão. Um destes exemplos é o festival “Sol da Caparica” realizado na cidade da Costa da Caparica, uma cidade a cerca de 20 km de Lisboa, no concelho de Almada, situada numa zona de praias. A afluência de muitos turistas às praias, conjugada com uma elevada densidade populacional existente na zona, motiva a realização destes festivais, sempre com muita assistência e êxito garantido. O festival em causa é diretamente dinamizado pela Câmara Municipal de Almada (CMA) o que garante a realização num local público privilegiado e a prática de preços baixos para os bilhetes devido ao apoio oficial da Câmara Municipal. Também o licenciamento do Festival é facilitado pois as licenças, nomeadamente a Licença Especial de Ruído, é emitida pela Câmara Municipal de Almada.

A realização não é um facto pacífico para a população e nos últimos anos apareceram mesmo algumas tentativas de protesto locais e nas redes sociais. Os motivos invocados são a realização do Festival num parque urbano junto à praia (Parque Urbano da Costa da Caparica em S.to António da Caparica) que

fica indisponível para a população durante o mês de Agosto, o mês de lazer por excelência, a afluência de público ao festival que sobrecarrega o estacionamento, a circulação automóvel e pedonal, o sistema de recolha de lixo, a restauração e também pelo ruído provocada durante a noite. É este o nosso centro de atenção, o estudo do potencial impacto do ruído na população que habita ou passa férias em redor do Parque onde se realiza o Festival (Figura 1). A sul do parque existe uma zona habitacional consolidada salpicada com alguns hotéis e residências permanentes e de verão. Mais a sul, a cerca de 600 m, temos o núcleo urbano da cidade da Costa da Caparica com uma densidade habitacional bastante alta e que aumenta bastante na época de verão. A norte do Parque Urbano existem diversos parques de campismo, entre eles o parque Nacional de Escotismo, o Parque de Campismo ORBITUR da Costa da Caparica e o Parque de Campismo e Colónia de Férias da Guarda Nacional Republicana, uma das polícias nacionais. Mais a norte existem outros parques de campismo, como o Clube de Campismo de Lisboa, o Parque da INATEL e alguns edifícios de habitação (núcleo e Torres de S. João). Com este envolvimento será de verificar se a realização do Festival Sol da Caparica se mostra relevante em termos de incómodo sonoro para as populações em seu redor, enquadrado na Diretiva Europeia de Ruído Ambiental [9, 10].



Figura 1 – Localização do local de realização do festival.

Para a avaliação do impacto do ruído na vizinhança, foi monitorizado o som do Festival em contínuo e durante os dias da sua realização através de duas estações de monitorização do som, uma a norte e outra a sul do festival conforme se detalha no ponto de Materiais e Métodos.

2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização dos locais de monitorização do ruído ambiental

As campanhas de monitorização do som para avaliação do ruído ambiental decorreram em dois locais distintos com instalações de estações de monitorização conforme se mostra na Figura 2. O primeiro local, assinalado como PE (Parque de Escoteiros), situava-se na entrada do Parque Nacional de Escotismo da Caparica (PNEC), no lado norte do local do festival. O segundo local situava-se no terraço de um pequeno hotel (HO), no lado sul do local do festival. Ambos os locais estavam em linha de vista com o palco com a particularidade do local HO se situar na frente direta do palco, na zona de maior emissão sonora e o local PE se situar nas traseiras-direita do palco do festival. Ambos os locais distavam cerca de 200 m do palco principal do festival.

O amostrador sonoro do local PE foi colocado no chão com o microfone a cerca de 1,60 m do chão. Entre este amostrador e entre as colunas do palco principal existia alguma vegetação e estruturas de apoio como tendas de venda de alimentação e outros produtos. O amostrador em HO foi colocado no terraço do hotel a cerca de 8 m de altitude e, pela sua altura, em “linha de vista” e sem qualquer obstáculo até às colunas de som do palco principal.



Figura 2 – Localização dos dois locais de monitorização (PE e HO) face ao Palco Principal do festival.

2.2 Equipamento de medição de ruído

Neste trabalho de monitorização de ruído no Festival Sol da Caparica foram usados, em cada estação de monitorização, telemóveis da marca Apple (modelos 6 e 6plus) acoplados a microfones externos IMM-6

da Daytona Audio. O software de registo e controlo de som utilizado foi a aplicação SPLnFFT (para iOS), desenvolvida por Fabien Lefebvre [11]. A escolha desta aplicação deve-se ao facto de ser considerada uma das aplicações mais consistentes em termos de capacidade de medição de ruído ambiente com precisão. De acordo com o estudo de Kardous e Shaw [12] a utilização de microfones externos calibrados aumenta muito a precisão das medições de ruído realizadas com smartphones. Os microfones são adquiridos calibrados e a aplicação de software usada permite que se carregue o ficheiro de calibração dos microfones. Este conjunto de hardware/software foi aquele que nos estudos efetuado por Kardous e Shaw [11, 12], obteve o melhor desempenho e o menor erro (cerca de 2 dB) face a um sonómetro calibrado. De salientar que cada conjunto de registo e medição de som, telemóvel, software e microfone foram previamente calibrados numa câmara anecóica utilizando equipamentos de referência também eles previamente calibrados face a referências sonoras. Os desvios dos diversos conjuntos Telemóvel/Microfone/Software utilizados nunca ultrapassaram os 1.2 dB.

Para registo do som utilizaram-se gravadores digitais de marca Sony (modelo PAX-470) permitindo a gravação contínua do som em formato MP3 durante toda a campanha. Os equipamentos foram colocados em caixas estanques, alimentadas com energia elétrica. Cada caixa de registo de som continha o seguinte equipamento:

- Um telemóvel para medida e registo da intensidade sonora, utilizando um filtro de ponderação A;
- Um gravador digital SONY para gravação contínua do som;
- Dois microfones externos – um ligado ao telemóvel e outro ligado ao gravador de som;
- Um hot spot para ligação à internet;
- Um termómetro e um higrómetro;
- Um ponto de alimentação de energia.

Os microfones foram fixos no exterior da caixa através de uma haste metálica de 1,6 m e ligados a cada um dos equipamentos de medição e registo de som (telemóvel e gravador).

As caixas estanques garantiam a proteção do equipamento face às intempéries. Os microfones foram protegidos com espumas anti-vento e seguindo o indicado nas regras de monitorização [13, 14]. O termómetro e higrómetro registavam também os parâmetros máximos e mínimos destas grandezas, permitindo assim acompanhar a temperatura e humidade dentro da caixa. Esta medição foi particularmente importante nos dias com temperaturas mais elevadas.

2.3 Recolha de dados

A recolha de dados foi efetuada em contínuo durante a realização do festival de 2022 (11 a 15 de Agosto) e prolongou-se por mais dois dias, 16 e 17 de Agosto. Durante a campanha, diariamente, houve uma visita aos locais de monitorização, sensivelmente à mesma hora, para recolher o registo de dados e verificar o bom funcionamento dos equipamentos. Os dados recolhidos pelos telemóveis eram descarregados via internet para uma conta Dropbox e os gravados nos ficheiros de áudio do gravador eram transferidos para um computador portátil. Registava-se a hora das transferências de dados bem com as temperaturas (máxima, mínima desde o dia anterior e atual) e humidade (máximo, mínimo desde o dia anterior e atual).

Os dados foram recolhidos a cada oitava de segundo, em modo de integração FAST e também em modo SLOW. A partir destes dados de origem são produzidos valores médios para cada segundo, cada minuto, cada cinco minutos, cada 15 minutos e para cada hora. Utilizou-se a equação (1) para a realização dos cálculos.

Adicionalmente recolheram-se outras informações que podem ajudar justificar e a correlacionar o ruído medido. Foram recolhidos dados das condições meteorológica dos dias da campanha, nomeadamente: temperatura, velocidade do vento, rajada de vento, direção do vento, precipitação e humidade. Foram também recolhidos os dados de atuação de cada banda ou artista do festival.

2.4 Tratamento de resultados

Neste trabalho utilizou-se a equação 1 para calcular o nível de pressão sonora, utilizando médias intermédias de 15 min (7 200 oitavos de segundo). Adotou-se este intervalo por ser o período mínimo passível de utilizar em medições de ruído ambiental [13, 14, 15]. Este cálculo foi repetido para todos os dias de realização do festival e os resultados serão apresentados à frente.

$$L_{total} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad (1)$$

Nesta equação, L_i representa o nível de pressão sonora (dB) e n o número de períodos a considerar. Em seguida, utilizou-se as equações 2, 3 e 4 (Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro) para calcular os indicadores de ruído diurno, de ruído ao entardecer e ruído noturno, L_d , L_e e L_n , respetivamente. Foi considerando como período diurno entre as 7 e as 20 horas, o período do entardecer entre as 20 e as 23 horas e período noturno entre as 23 e as 7 horas do dia seguinte [15].

$$L_d = 10 \times \log_{10} \frac{1}{13} \left[\sum_{i=1}^{13} 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (2)$$

$$L_e = 10 \times \log_{10} \frac{1}{3} \left[\sum_{i=1}^3 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (3)$$

$$L_n = 10 \times \log_{10} \frac{1}{8} \left[\sum_{i=1}^8 10^{\frac{L_{ieq,h}}{10}} \right] \quad (4)$$

Nestas equações L_d , L_e e L_n , são os indicadores de ruído diurno, ruído do entardecer e ruído noturno, respetivamente e $L_{ieq,h}$ o nível equivalente de pressão sonora numa hora no período respetivo.

O indicador de ruído diurno-entardecer-noturno (L_{den}), associado ao incómodo global durante 24 h, com uma penalização de 10 dB(A) para o ruído noturno e uma penalização de 5 dB(A) para o ruído do entardecer foi determinado utilizando a equação 5.

$$L_{den} = 10 \times \log_{10} \frac{1}{24} \left(13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad (5)$$

3 Resultados e Discussão

Os dados recolhidos em contínuo foram descarregados e tratados uma folha de cálculo. Após o tratamento de dados, optou-se por mostrar os dados segmentados pelos indicadores L_d , L_e , L_n e o indicador cumulativo L_{den} . Para os indicadores com limite legal definido foi também apresentado esse limite na representação gráfica.

Na figura 3 mostra-se o perfil de ruído registado nos dois locais de monitorização (HO e PE) e nos períodos que compoem o indicador L_{den} para os dias 13 e 14 de Agosto de 2022, um sábado, dia intenso do festival. Neste registo o constata-se que desde o início da manhã se registam elevadas intensidades sonoras. Muita desta atividade é devida ao “sound check” e ensaio dos artistas que actuam nesse dia. Apenas após as três horas da manhã se regista alguma acalmia. Durante todo o período de actividade no

festival registam-se intensidades sonoras em redor dos 80 dB(A) com interrupções bem pronunciadas em alguns períodos correspondentes às interrupção de espetáculo, entre os diversos artistas que atuam.

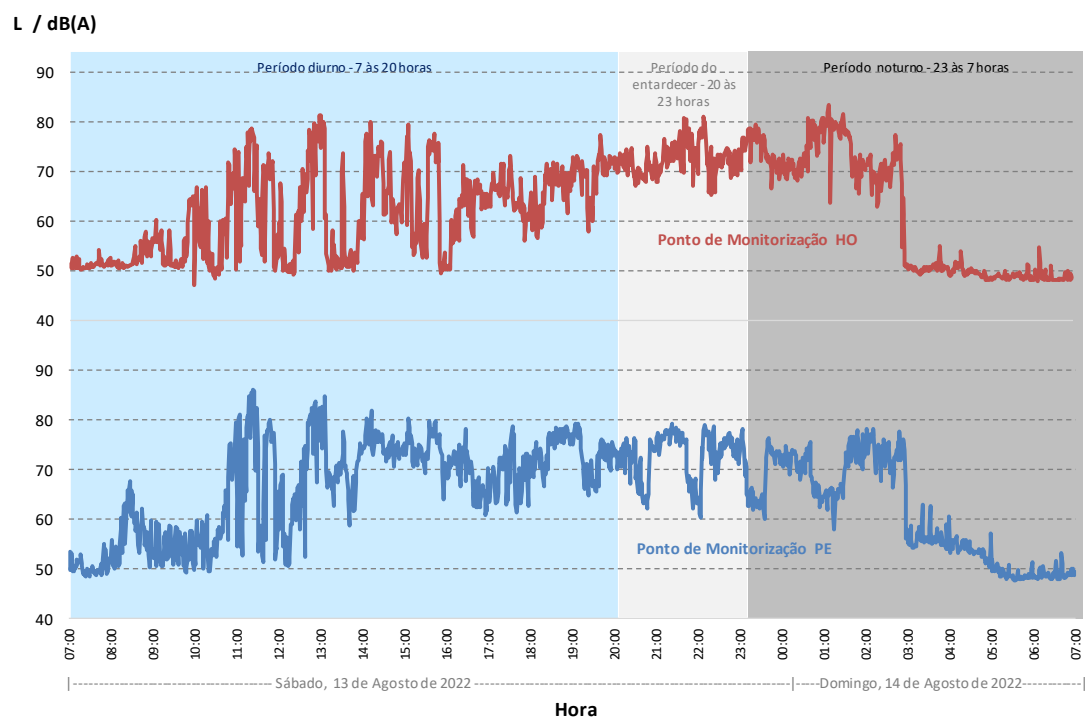


Figura 3 – Perfil de ruído registado nos dias 13 e 14 (madrugada), contemplando os vários períodos que compõem o indicador L_{den} e para os dois locais de Monitorização.

Os valores máximos de intensidade sonora ultrapassaram, por vezes os 100 dB(A) conforme mostrado na tabela 1. Muitos deste valores de pico serão impactantes para a saúde e constata-se que os seus valores são sempre superiores a 90 dB(A).

Tabela 1 – Valores de pico registados em cada dia do festival.

Dia	Local	dB(A)	Hora
11- Agosto	HO	114.44	15:25:24
	PE	101.99	15:46:11
12- Agosto	HO	97.51	2:19:52
	PE	94.57	2:11:48
13- Agosto	HO	95.61	11:09:22
	PE	93.55	15:03:29
14- Agosto	HO	94.67	17:01:34
	PE	93.80	10:25:01
15- Agosto	HO	94.75	11:19:13
	PE	90:49	1:04:36
16- Agosto	HO	95.28	2:45:43
	PE	94.21	2:43:00

Os valores apresentados na tabela a não revelam uma sitematização no tempo. Alguns dos picos ocorrem durante o dia, provavelmente em sessões de “sound check” ou ensaios dos artistas. Outros picos registam-se durante a noite, durante a atuação dos artistas do festival. De salientar os picos correspondentes ao dia 12 de Agosto que se registaram na madrugada, muito provavelmente durante o último concerto da noite.

Nas Figuras 4, 5 e 6 mostram-se os registos durante os períodos *d* (diurno), *e* (entardecer) e *n* (noturno) utilizando as médias horárias. Nestas figuras, constata-se que nos dias 16 e 17 se regista um abaixamento do registo sonoro, com a consequente diminuição do valor de exposição ao ruído por parte das populações junto aos parque. Retirando da análise os dias 16 e 17, constata-se que a intensidade sonora no período *d* (7 às 20 horas) se situa em redor dos 65-75 dB(A) como se observa na figura 4. Verifica-se também que nos dias 16 e 17 há um abaixamento da intensidade sonora no local PE mas os valores registados em HO continuam bastante altos.

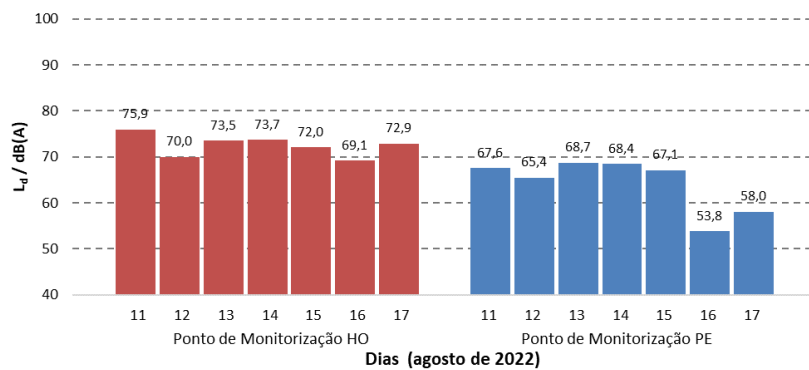


Figura 4 – Intensidade de ruído registado nos dias do festival, nos dois locais de monitorização e para o indicador L_d (7 às 20 horas).

Na Figura 5 pode observar-se a exposição sonora do período entardecer, L_e para os vários dias em que se realizou o festival. Também nesta figura se constata que as intensidades sonoras se situam entre os 65 e os 75 dB(A). No último dia do festival, essencialmente com atividades para crianças a decorrer no período diurno, verifica-se uma diminuição da intensidade sonora no local PE. No ponto HO o ruído é ainda significativo, provavelmente devido a atividades de desmontagem do festival. Haverá que salientar que o período de entardecer é o mais curto de todos os períodos de amostragem (20 às 23 h) pelo que o seu valor dever ser encarado com a devida ponderação no indicador diário de ruído.

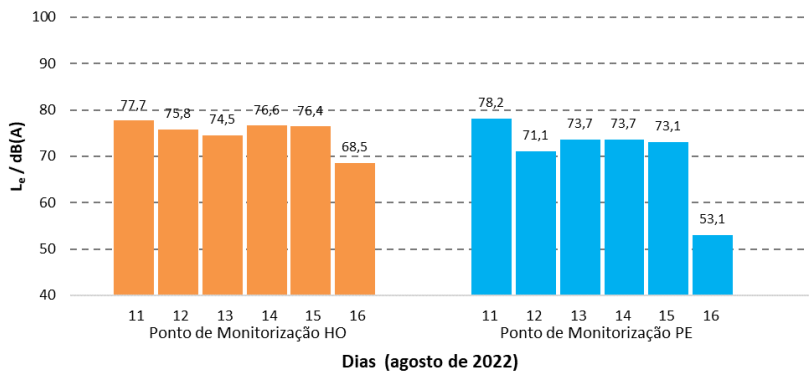


Figura 5 – Intensidade de ruído registado nos dias 13 e 14 (madrugada), contemplando os vários períodos que compõem o indicador L_{den} e para os dois locais de monitorização.

Na Figura 6 mostra-se, para cada dia de monitorização, a intensidade de ruído registada no período noturno, ou seja entre as 23 h de um dia e as 7 h do dia seguinte. Constata-se que os níveis de ruído se situam entre os 79 e 80 dB(A). Apenas no dia 16 se observam valores mais baixos. Estes valores têm em conta a madrugada do dia 17. Neste período já não decorreram actividades musicais no festival. De salientar, e como é assinalado na figura, o limite legal para L_n é de 55 dB(A), valor que é largamente ultrapassado nos dias de festival [16].

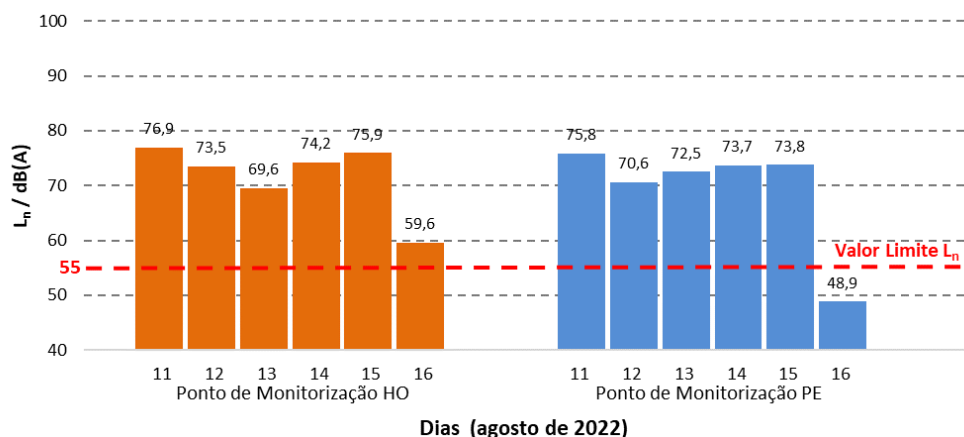


Figura 6 – Intensidade de ruído registado nos dias 13 e 14 (madrugada), contemplando os vários períodos que compõem o indicador L_{den} e para os dois locais de monitorização.

Quando se analisam os valores do indicador global L_{den} , mostrados na Figura 7, e cujo limite legal é de 65 dB(A), mais uma vez se constata que em todos os dias do festival se ultrapassam os limites legais. Os valores diários situam-se na vizinhança dos 80 dB(A) nos dias de realização do festival (11, 12, 13, 14 e 15). O dia 16 ainda contempla valores de medição noturna contabilizados no dia 15 pois os concertos deste dia estendem-se pela madrugada de dia 16. O local PE apresenta, nos últimos dias, valores mais baixos quando comparado com HO refletindo a sua posição ligeiramente atrás do palco e menos relevante no registo das atividades de montagem/desmontagem do festival.

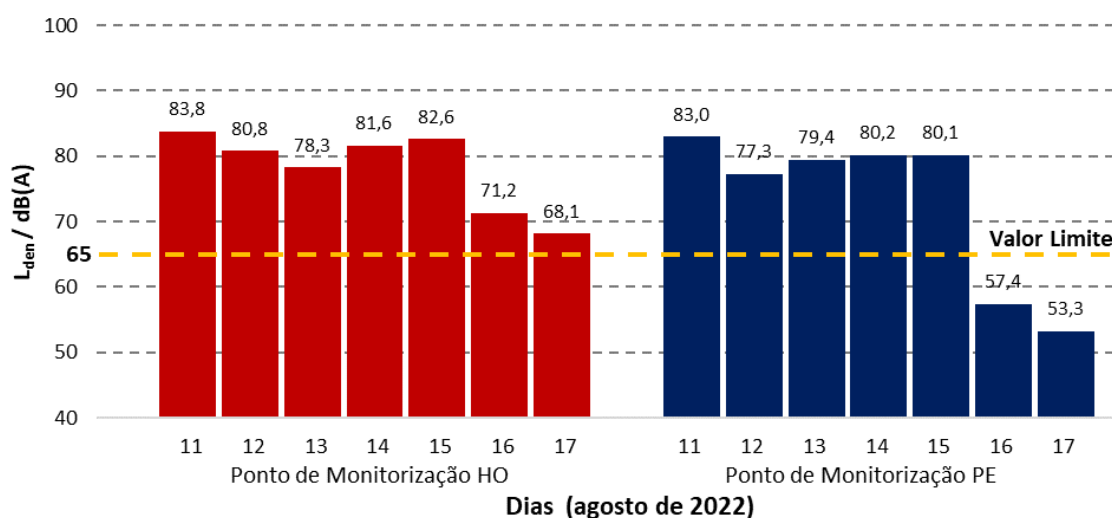


Figura 7 – Intensidade do ruído registado nos dias 13 e 14 (madrugada), contemplando os vários períodos que compõem o indicador L_{den} e para os dois locais de monitorização.

4 Conclusões

Pelos dados apresentados, e tratando-se de uma monitorização em contínuo, constatou-se que, na vizinhança do parque onde se realiza o festival, não são cumpridos os limites legais definidos para a exposição ao ruído ambiental das populações vizinhas. A intensidade sonora é até bastante elevada apresentando valores em redor dos 80 dB(A) para o indicador L_{den} . Este é um valor impactante até porque é uma média de 24 h revelando que existirão valores de pico mais elevados. Esta constatação é corroborada pelos valores máximos de pico sonoro que atingem mais de 100 dB(A). O incómodo para as populações vizinhas será notório.

Para minimizar o impacto da realização do festival nas populações vizinhas, sugere-se a utilização de uma rede de monitorização, nos limites do parque, ligada à sala de controlo do som do festival. Esta rede permitiria uma monitorização em contínuo permitindo o controlo em tempo real do som emitido. Este sistema poderia estar também ligado a limitadores de som que controlariam a potência sonora emitida no festival. Uma solução mais sólida seria deslocar o festival para locais de baixa ou muito baixa densidade populacional. As vizinhas praias de S. João seria uma hipótese a considerar. Em Lisboa o Festival Rock-in-Rio foi deslocado para um parque da cidade com poucos habitantes na sua vizinhança. Como foi demonstrado neste estudo há um real impacto destes eventos no bem-estar, e até mesmo na saúde, das populações vizinhas aos mesmos. As organizações estatais e municipais deverão ter em conta o impacto destas atividades aquando da realização destas iniciativas. O facto de ser da sua competência a emissão das Licenças Especiais de Ruído tal não as deve isentar de responsabilidades perante os impactos provocados nas populações.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos dirigentes do Corpo Nacional de Escoteiros e à gestão do Villa Caparica Hostel pelas facilidades de acesso às suas instalações e pelo fornecimento de energia para alimentar a estação de monitorização. Aos colaboradores locais de ambas as estruturas agradecemos a simpatia e ajuda na logística diária.

Referências

- [1] Lakin, C., Brown, S., Williams, M. (2001). Noise monitoring at Glastonbury Festival, *Noise & Vibration Worldwide*.
- [2] Mercier, V., D. Luy, B. W. Hohmann (2003). The sound exposure of the audience at a music festival. *Noise and Health* 5.19:51.
- [3] Kok, M. (2015). Sound Level Measurements & Control at Large Dance Events. Audio Engineering Society Conference: 58th International Conference: Music Induced Hearing Disorders. Audio Engineering Society.
- [4] Hill, A. J., Mulder, J., Kok, M., Burton, J., Kociper, A., Berrios, A., (2019). A case study on sound level monitoring and management at large-scale music festivals. *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol. 41. Pt. 3.

- [5] Wheeler, P., Sharp, D., Taherzadeh, S. (2020). An evaluation of UK and international guidance for the control of noise at outdoor events. Vol. 42. Pt. 3.
- [6] Tronstad, T.V. (2015). Hearing Measurements During Two Norwegian Music Festivals. Audio Engineering Society Conference: 58th International Conference: Music Induced Hearing Disorders. Audio Engineering Society.
- [7] Zhao, F., Manchaiah, V.K., French, D., Price, S.M. (2010). Music exposure and hearing disorders: an overview. *International journal of audiology* 49.1: 54-64.
- [8] Tronstad, T.V., Gelderblom, F. B. (2016). Sound exposure during outdoor music festivals. *Noise & Health* 18.83: 220.
- [9] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [10] WHO (2018) Environmental Noise Guidelines for the European Region. ISBN 978 92 890 5356 3.
- [11] Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(4), EL186–EL192. <https://doi.org/10.1121/1.4865269>.
- [12] Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones—A follow-up study . *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), EL327–EL333. <https://doi.org/10.1121/1.4964639>.
- [13] NP ISO 1996-1 (2019), Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação.
- [14] NP ISO 1996-2 (2019), Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora.
- [15] Decreto-Lei n.º9/2007, de 17 de janeiro, Regulamento Geral do Ruído.
- [16] APA (2020). Guia prático para medições de ruído ambiente, no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996