



# QUANTIFICAÇÃO DO ACRÉSCIMO SONORO PROVOCADO PELA PASSAGEM DE AERONAVES SOBRE A CIDADE DO PORTO

Augusto Miguel Lopes<sup>1</sup>, Bruno de Carvalho Monteiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIICESI / ESTGF/ P. PORTO  
aml@estgf.ipp.pt

<sup>2</sup>CIICESI / ESTGF/ P. PORTO  
decarvalho1811@gmail.com

## Resumo

Estudos recentes revelam um aumento significativo dos níveis de ruído provenientes das aeronaves, suscetíveis de provocar incómodo sobre a população residente nas imediações mais afetadas. Dada a inexistência de um estudo desta natureza, em Portugal, realizou-se o trabalho de quantificar o acréscimo sonoro provocado pela passagem de aeronaves sobre a cidade do Porto.

Foram selecionados 13 locais distribuídos por todas as freguesias da cidade do Porto, classificados como zonas sensíveis e zonas mistas, onde foram realizadas medições acústicas nos três períodos de referência estabelecidos no Regulamento Geral do Ruído (RGR), com e sem a passagem de aeronaves. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se um acréscimo significativo nos níveis de ruído ambiente instantâneos e globais de cada local, principalmente nos locais classificados como zonas sensíveis e nos períodos do entardecer e noturno.

**Palavras-chave:** Acréscimo, aeronaves, ruído, incomodidade.

## Abstract

Recent studies show a significant increase in noise levels from aircraft, likely to cause discomfort on the resident population in the affected vicinity. In the absence of such a study, in Portugal, there was work to quantify the noise increase caused by the passage of aircraft over the city of Porto.

Were selected 13 locations spread over all the parishes of the city of Oporto, classified as sensitive areas and mixed areas, where they performed acoustic measurements in the three reference periods established in the General Regulations of noise with and without the passage of aircraft. According to the results, there was a significant increase in instantaneous and global environmental noise levels of each location, especially in locations classified as sensitive areas and periods of evening and night.

**Keywords:** Addition, aircraft, noise, nuisance.

**PACS no.** 43.50.+y

## 1 Introdução

O ruído proveniente das operações de aeronaves tem sido considerado um dos principais fatores de influência nas abordagens relacionadas com a saúde auditiva e o conforto da população, em diversos países da comunidade europeia. O ruído originado pelo tráfego aéreo, tendo em conta a sua comparação com o ruído de outras fontes, pode dizer-se que é facilmente identificável e, frequentemente, afeta não só o meio ambiente como também as residências próximas dos aeroportos.

O ruído aéreo existente em meios urbanos, tendo em conta as características que cada zona apresenta, poderá provocar alguns efeitos sobre a saúde humana, nomeadamente, depressões, problemas



nervosos, dificuldades em dormir, irritabilidade, sensação de incómodo, problemas psicológicos e ainda uma pequena parte associada a sintomas de ansiedade [1].

Estimativas mostram que o número de pessoas que estão expostas ao ruído proveniente do tráfego de aeronaves, em torno dos maiores aeroportos de países da União Europeia, tem vindo a aumentar e muito provavelmente continua a aumentar, sobretudo, em períodos noturnos [2].

O estudo elaborado em 2009 pela European Environment Agency, assegura que uma grande percentagem da população inquirida afirmou sentir incómodo significativo do ruído causado pelas aeronaves. Após efetuada a respetiva análise, concluiu-se que o ruído global existente era resultante da combinação entre o ruído do tráfego rodoviário; ferroviário e aéreo. Tendo esta combinação, o nível de exposição ao ruído ultrapassa os valores-limite de exposição estabelecidos, exigindo a atuação das autoridades competentes que determinam as medidas necessárias para o seu controlo e minimização.

O nível de ruído resultante do tráfego aéreo tem uma ultrapassagem significativa aos valores limite estabelecidos. Apesar do estudo realizado não abranger todos os países da União Europeia, foi possível verificar que existe um grande impacto de ruído, originado pelas aeronaves que circulam em grandes aeroportos como o do Reino Unido, Holanda, Grécia, Itália, Alemanha e Suécia [3]. Os casos concretizados nos respetivos países são muito prováveis de serem semelhantes aos restantes aeroportos de países desenvolvidos cujo tráfego de aeronaves seja frequente.

O Aeroporto Francisco Sá Carneiro, está localizado no Grande Porto, na zona de convergência entre os concelhos de Maia, Matosinhos e Vila do Conde, na cidade do Porto e com subúrbio de Pedras Rubras na Maia. Foi inaugurado a 3 de Dezembro de 1945, com a designação de Aeroporto de Pedras Rubras. O primeiro voo internacional teve lugar no ano 1956 e, quatro anos mais tarde, foi dado o início ao serviço de voos regulares com destino a Londres.

Dado o crescimento da procura do aeroporto, em 1975, a pista foi aumentada para 3480 metros o que fez com que, cinco anos mais tarde, fosse inaugurado um terminal de carga. A alteração do nome do aeroporto para Francisco Sá Carneiro deu-se com a inauguração da nova aerogare e foi, assim, homenageado o antigo primeiro-ministro de Portugal, falecido a 4 de Dezembro de 1980 num desastre de avião em Lisboa, quando viajava precisamente para Pedras Rubras.

Hoje, o aeroporto Francisco Sá Carneiro é considerado o melhor aeroporto de Portugal em termos de espaços na aerogare e, no que respeita a movimentos aéreos de carga e de passageiros, é o segundo maior de Portugal (atrás de Lisboa e à frente de Faro). Tem sido reconhecido internacionalmente, sobretudo pela qualidade das suas instalações e dos serviços que tem prestado aos passageiros.

Constituído por uma pista com as cabeceiras 17/35 com 3480 metros de comprimento, 55 metros de largura asfaltada e sendo o limite das linhas de pista 45 metros, o aeroporto foi edificado com condições para poder ser facilmente expandido. Assim, tendo o aumento do número de passageiros, a sua capacidade foi alargada de 5 para 10 milhões de passageiros por ano e estima-se, futuramente, de 10 para 15 milhões de passageiros por ano. Ainda assim, presume-se que os locais contíguos serão expandidos ao atual aeroporto.

Atualmente, são 19 companhias com rotas diárias ao aeroporto Francisco Sá Carneiro, e no ano 2014 foi registado um movimento de aproximadamente 8 milhões de passageiros; 35 mil toneladas de carga e 62 mil voos. Recentemente, o aeroporto foi galardoado como o melhor do mundo na categoria de aeroportos até 5 milhões de passageiros.

## 2 Metodologia

Tendo em consideração as atuais rotas do tráfego das aeronaves e uma vez verificada qualitativamente a sua influência sobre a cidade (figura 1), considerou-se necessária a seleção de diferentes locais, por forma a abranger todas as freguesias do Porto, para a quantificação do acréscimo de ruído devido à passagem das aeronaves.



Figura 1 – Localização do Aeroporto Francisco Sá Carneiro relativamente à cidade do Porto.

A metodologia adotada para a realização do estudo consistiu na realização de medições acústicas, em diferentes locais da cidade do Porto, nos três períodos de referência definidos no Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, período diurno (D), período do entardecer (E) e período noturno (N), com vista a determinar os níveis de ruído ambiente prevalentes em cada local e a quantificar o seu acréscimo provocado pelo tráfego aéreo.

A tabela 1, identificam-se os 13 (treze) locais selecionados, onde foram realizadas as medições acústicas, com a indicação da classificação acústica da zona onde se inserem, atribuída pelo município do Porto. A escolha destes locais teve em consideração o seu distanciamento e a sua representatividade de toda a área do concelho do Porto, conforme se pode constatar na figura 2.

Tabela 1 - Locais considerados no estudo e respetiva classificação acústica.

Local n.º	Identificação	Classificação acústica
1	Parque da Cidade	Zona Sensível
2	Rua do Molhe	Zona Mista
3	Praça de Pedra Verde	Zona Mista
4	Museu de Arte Contemporânea da Fundação Serralves	Zona Sensível
5	Rua António Cardoso	Zona Mista
6	Rua Maria Peregrina de Sousa - Prelada	Zona Sensível
7	Quinta do Covelo	Zona Sensível
8	Rua da Nau Vitória	Zona Mista
9	Praça da Ilha Brava	Zona Mista
10	Parque de São Roque	Zona Sensível
11	Parque “Águas do Porto” – Rua Barão de Nova Sintra	Zona Sensível
12	Travessa da Lapa	Zona Mista
13	Jardins Palácio do Cristal	Zona Sensível



Figura 2 – Representação esquemática dos locais selecionados.

As medições acústicas foram realizadas com recurso a um sonómetro integrador de Classe 1, da marca 01dB, modelo Solo, homologado em Portugal e calibrado em 2015.

Em cada local considerado foi efetuado, por regra, um total de 6 (seis) medições para o período diurno; 4 (quatro) para o entardecer e 4 (quatro) para o noturno, em 2 (dois) dias distintos. A duração mínima de cada medição foi de 15 (quinze) minutos. Em cada medição de ruído ambiente (RA) registaram-se, pelo menos, 2 (dois) eventos acústicos particulares provenientes das aeronaves (RP), que foram codificados no sonómetro. O ruído residual (RR) foi determinado por subtração do ruído particular ao ruído ambiente. As medições foram realizadas em períodos considerados adequados, tendo em conta o tipo previsível do ruído originado pelas aeronaves sobre as áreas envolvidas no estudo.

Considerou-se assim que o número de medições realizadas e o período de tempo considerado, permitiam obter um padrão dos níveis sonoros característicos de cada local (RA e RR).

As medições realizadas no período noturno foram todas efetuadas entre 23 e a 01 horas, dada a proibição de tráfego aéreo no período compreendido entre a 01 e as 06 horas, pelo que os resultados obtidos poderão não ser representativos do período noturno (entre as 23 e 07 horas), mas que permitiram quantificar os acréscimos no período de medição.

### 3 Resultados

A caracterização dos níveis de ruído em cada local e em cada período foi efetuada através da determinação do nível sonoro contínuo equivalente,  $L_{Aeq}$ , de cada medição. Na tabela 2 são apresentados os resultados médios das diversas medições efetuadas em cada local e em cada período, tanto do ruído ambiente como do ruído particular, bem como do ruído residual que foi determinado por subtração do ruído particular ao ruído ambiente.

Os resultados obtidos demonstraram, de forma clara, que o ruído originado pelas aeronaves motivou um acréscimo acentuado dos níveis de ruído ambiente em todos os locais considerados, sendo mais significativo no Parque da Cidade (local 1), Praça de Pedra Verde (local 3), Museu de Arte Contemporânea da Fundação Serralves (local 4), Rua Maria Peregrina de Sousa (local 6), Quinta do Covelo (local 7), Rua Barão de Nova Sintra (local 11) e Jardins Palácio do Cristal (local 13).

Tabela 2 - Resultados médios de medição do ruído ambiente e do ruído particular e do cálculo do ruído residual, em cada local e período de referência.

Local	Período	RA Médio (dB(A))	RP Médio (dB(A))	RR Médio (dB(A))
1	D	53,2	58,6	51,0
	E	54,0	60,8	50,0
	N	52,4	59,8	45,2
2	D	60,2	61,8	59,9
	E	60,8	62,0	60,5
	N	59,5	61,5	59,2
3	D	57,3	63,5	54,3
	E	59,1	67,2	54,2
	N	55,6	66,2	49,9
4	D	56,2	60,9	53,0
	E	56,5	63,6	50,7
	N	58,9	63,6	55,1
5	D	58,5	63,8	57,1
	E	58,8	63,9	57,6
	N	54,1	59,2	53,0
6	D	54,2	60,9	50,7
	E	52,5	61,8	46,8
	N	53,7	60,6	49,6
7	D	52,1	57,6	50,8
	E	57,8	64,4	53,5
	N	57,3	63,8	53,4
8	D	58,0	62,8	57,2
	E	58,2	63,8	56,3
	N	54,3	57,7	53,5
9	D	54,4	61,0	52,6
	E	52,9	58,4	51,2
	N	52,4	57,2	50,5
10	D	48,0	52,1	46,9
	E	63,9	64,5	63,9
	N	52,2	56,1	52,5
11	D	53,1	61,8	48,7
	E	52,2	61,2	44,7
	N	50,2	59,5	42,0
12	D	55,2	60,0	54,3
	E	54,4	57,3	53,7
	N	54,5	57,3	54,0
13	D	52,2	57,2	50,1
	E	50,6	57,7	47,5
	N	52,1	57,7	50,9

Pela análise dos resultados obtidos, foi possível verificar que o tráfego de aeronaves tem uma contribuição significativa sobre o ruído ambiente da cidade, constituindo acréscimos sonoros médios instantâneos entre 8,0 dB(A) e 15,7 dB(A) e acréscimos médios globais ao ruído ambiente prevalecente entre 2,1 dB(A) e 6,7 dB(A), como se pode verificar na tabela 3 e no gráfico da figura 3.



Tabela 3 - Acréscimo sonoro, instantâneo e global, por período de referência e média de cada período.

Local	Período	Acréscimo Instantâneo (dB(A))	Acréscimo Global (dB(A))	Acréscimo Médio (dB(A))	
				Instantâneo	Global
1	D	7,6	2,2	11,0	4,5
	E	10,8	4,0		
	N	14,6	7,2		
2	D	1,9	0,3	1,9	0,3
	E	1,5	0,3		
	N	2,3	0,3		
3	D	9,2	3,0	12,8	4,5
	E	13,0	4,9		
	N	16,3	5,7		
4	D	7,9	3,2	9,8	4,3
	E	12,9	5,8		
	N	8,5	3,8		
5	D	6,7	1,4	6,4	1,2
	E	6,3	1,2		
	N	6,2	1,1		
6	D	10,2	3,5	12,1	4,4
	E	15,0	5,7		
	N	11,0	4,1		
7	D	6,8	1,3	9,4	3,2
	E	10,9	4,3		
	N	10,4	3,9		
8	D	5,6	0,8	5,8	1,2
	E	7,5	1,9		
	N	4,2	0,8		
9	D	8,4	1,8	7,4	1,8
	E	7,2	1,7		
	N	6,7	1,9		
10	D	5,2	1,1	3,1	0,4
	E	0,6	0,0		
	N	3,6	0,0		
11	D	13,1	4,4	15,7	6,7
	E	16,5	7,5		
	N	17,5	8,2		
12	D	5,7	0,9	4,2	0,7
	E	3,6	0,7		
	N	3,3	0,5		
13	D	7,1	2,1	8,0	2,1
	E	10,2	3,1		
	N	6,8	1,2		
Média				8,3	2,7

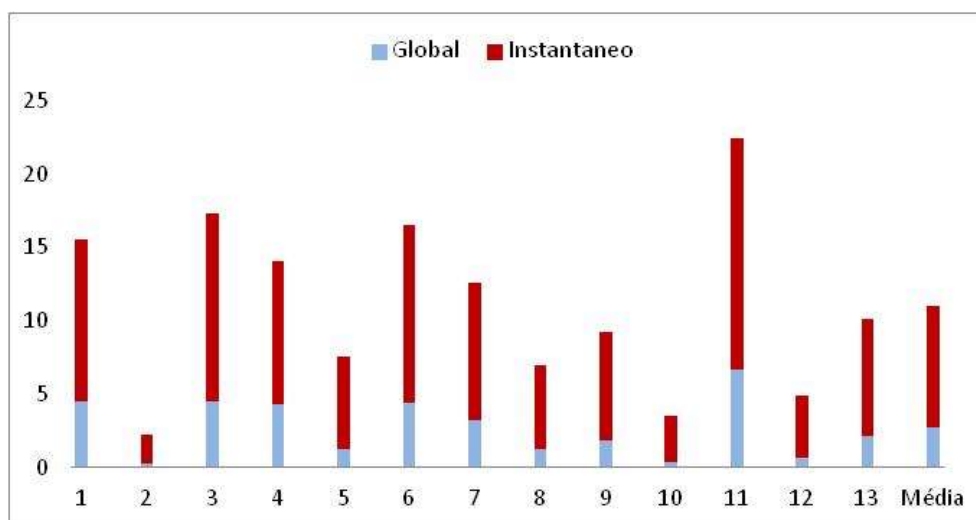


Figura 3 – Acréscimos de ruído ambiente médios, globais e instantâneos, por local.

A «Rua do Molhe» (local 2), a «Rua António Cardoso» (local 5), a «Rua da Nau Vitória» (local 8), o «Parque de São Roque» (local 10) e a «Travessa da Lapa» (local 12), são os locais onde se verificou um menor acréscimo global médio, apresentando os restantes locais acréscimos médios instantâneos e globais muito significativos.

O acréscimo médio mais elevado foi medido no «Parque Águas do Porto - Rua Barão de Nova Sintra» (local 11), com um acréscimo médio instantâneo de 17,5 dB(A) e um acréscimo médio global de 8,2 dB(A), com valores elevados em todos os períodos de referência. De seguida, destaca-se a «Rua de Pedra Verde» (local 3), a «Rua Maria Peregrina de Sousa» (local 6) e o «Parque da Cidade» (local 1), pelos elevados acréscimos verificados nestes locais.

Assim, de acordo com as medições efetuadas nos locais selecionados, verifica-se que o tráfego aéreo sobre a cidade do Porto provoca um acréscimo médio instantâneo nos níveis de ruído ambiente de 8,3 dB(A) e um acréscimo médio global nos níveis de ruído ambiente de 2,7 dB(A).

Ao efetuarmos uma análise dos resultados obtidos por período de referência (gráficos das Figuras 4 e 5), verifica-se que, tal como seria de esperar, os períodos em que se verificaram maiores acréscimos foram o entardecer e o noturno. Este resultado deve-se ao facto de nestes períodos o ruído residual ser, de modo geral, menor e também poderá dever-se às condições atmosféricas proporcionarem uma melhor propagação do som. Assim, em teoria, se houvesse tráfego aéreo no período compreendido entre as 01:00 horas e as 06:00 h, seria de esperar um maior acréscimo dos níveis sonoros do ruído ambiente em todos os locais monitorizados.

Se atendermos aos resultados obtidos para os níveis de ruído ambiente em cada local monitorizado e aos valores máximos estabelecidos nas alíneas a) e b) do n.º 1 do artigo 11º do RGR (gráficos das Figuras 6 e 7), verifica-se os níveis de ruído prevalentes excedem os valores limite estabelecidos (critério da exposição máxima) em 6 (seis) dos locais monitorização, tanto no que diz respeito ao indicador  $L_{den}$  como para o  $L_n$ , mesmo sem a passagem de aeronaves. Com a passagem de aeronaves, o número de locais em incumprimento passa para 8 (oito), sendo acrescentados aos 6 iniciais o «Parque da Cidade» e o «Parque Águas do Porto».

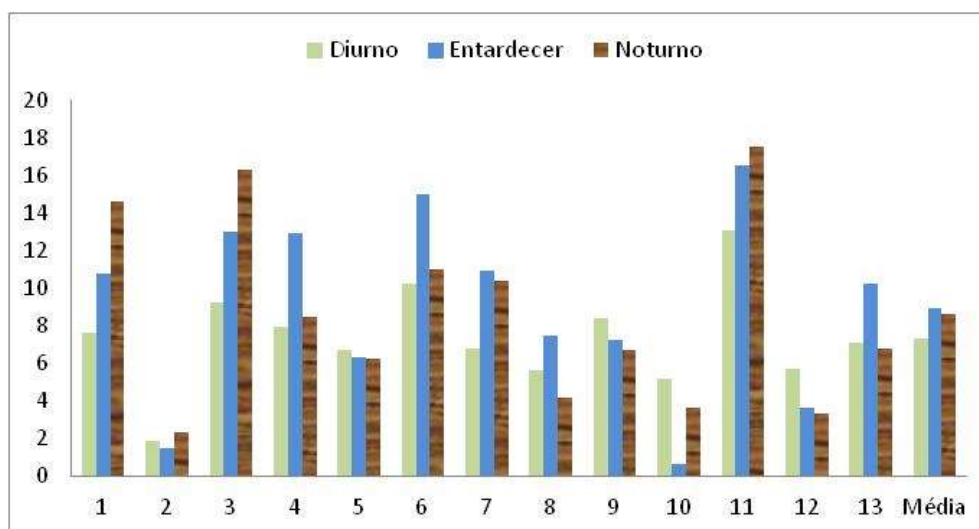


Figura 4 – Acréscimos médios instantâneos de ruído ambiente, por local, devido ao tráfego aéreo.

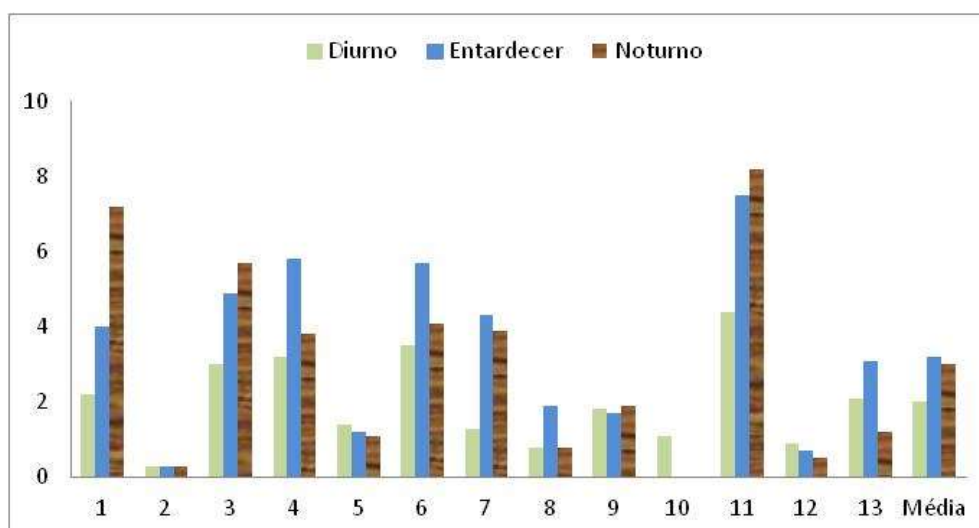


Figura 5 – Acréscimos médios globais do ruído ambiente, por local, devido ao tráfego aéreo.

De realçar que, destes oito locais onde os níveis de ruído ambiente excedem os respetivos valores limite, 7 (sete) estão em zona classificada com Sensível (a exceção é a «Rua do Molhe» que é zona Mista). No entanto, atendendo ao exposto na alínea c) do n.º 1 do mesmo artigo, as zonas sensíveis em cuja proximidade exista em exploração, à data da entrada em vigor do RGR, uma grande infraestrutura de transporte não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ .

Neste caso, verificam-se apenas excedências iguais ou inferiores a 5 dB(A) no local 2 (zona mista) e nos locais 4 e 7 (zonas sensíveis), apenas no que se refere ao parâmetro  $L_n$ .

Se atendermos, como já foi referido anteriormente, que as medições efetuadas no período noturno restringiram-se apenas ao horário compreendido entre as 23 horas e as 01 horas (horário em que ainda havia tráfego aéreo), então os níveis de ruído ambiente  $L_{den}$  e, principalmente,  $L_n$ , deverão ser inferiores aos valores determinados, pelo que será exatável o cumprimento do critério de exposição



máxima em todos os locais avaliados, mesmo na situação da passagem das aeronaves. Carecerá apenas a confirmação por parte da Agência Portuguesa do Ambiente que, para efeitos de aplicação do critério de exposição máxima na cidade do Porto, o Aeroporto Francisco Sá Carneiro é considerado uma grande infraestrutura de tráfego próxima e, como tal, os valores limite a considerar em zonas sensíveis serão os estipulados na alínea c) e não os da alínea b) do n.º 1 do artigo 11º do RGR.

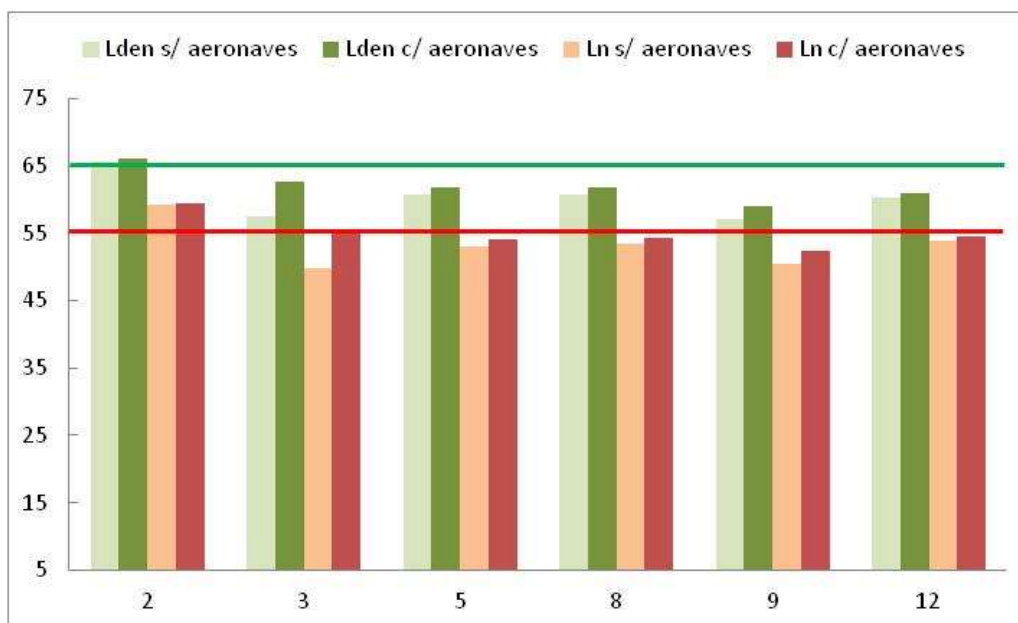


Figura 6 – Níveis de ruído ambiente, com e sem a passagem de aeronaves, em locais classificados como Zona Mista, comparados com os valores limite de exposição estipulados no RGR.

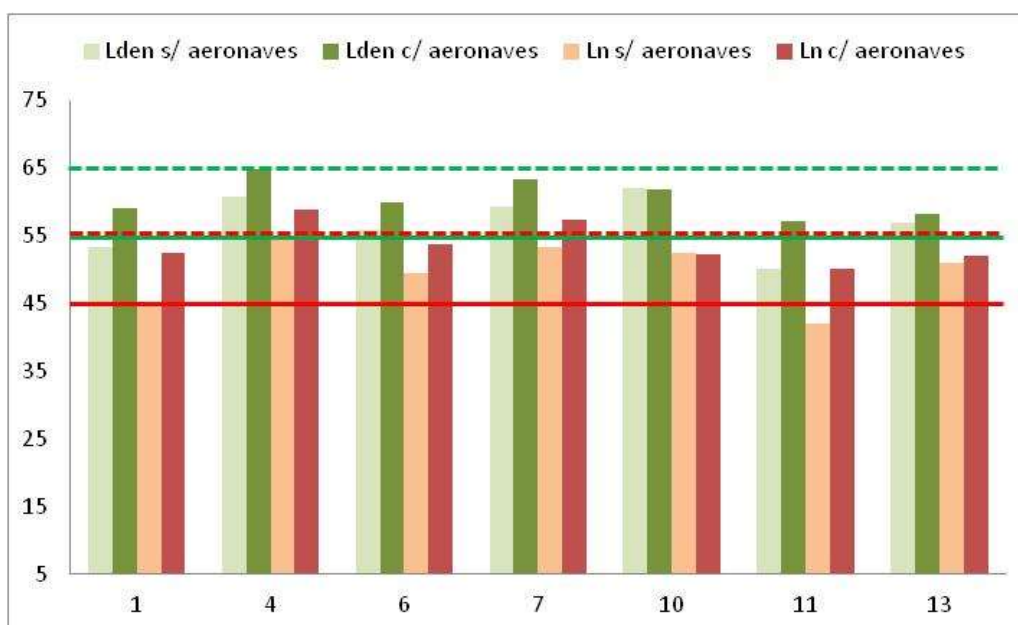


Figura 7 – Níveis de ruído ambiente, com e sem a passagem de aeronaves, em locais classificados como Zona Sensível, comparados com os valores limite de exposição estipulados no RGR.



## 4 Conclusões

Com realização deste trabalho pode-se concluir que a passagem de aeronaves sobre a cidade do Porto, de e para o Aeroporto Francisco Sá Carneiro, tem influência significativa nos níveis de ruído ambiente de praticamente todos os locais da cidade, tanto em termos momentâneos, como em termos globais, principalmente nos locais e períodos menos ruidosos, ou seja, nas zonas sensíveis e nos períodos do entardecer e noturno, provocando um acréscimo médio instantâneo nos níveis de ruído ambiente de 8,3 dB(A) e um acréscimo médio global nos níveis de ruído ambiente de 2,7 dB(A).

Dada a proximidade e influência desta grande infraestrutura de transporte na cidade do Porto, nas zonas classificadas como sensíveis pelo município, devem ser considerados os valores limite para o ruído ambiente exterior de 65 dB(A), expresso pelo indicador  $L_{den}$ , e de 55 dB(A), expresso pelo indicador  $L_n$ , em detrimento dos valores de aplicação geral, pelo que estes valores são cumpridos em todos os locais monitorizados, sem ter em considerados a influência e proximidade de outras grandes infraestruturas de transporte (tráfego rodoviário e ferroviário) noutros locais igualmente classificados. Por último, salienta-se a importância da restrição do tráfego aéreo no intervalo horário entre as 01 e as 06 horas, como garante do cumprimento dos valores limite de ruído ambiente e a redução do incomodo sonoro provocada pela passagem de aeronaves sobre a cidade do Porto e, consequentemente, na saúde da população residente e na sua qualidade de vida.

### Agradecimentos

Agradecemos ao Centro de Inovação e Investigação em Ciências Empresariais e Sistemas de Informação (CIICESI) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras (ESTGF) ter disponibilizado o sonómetro para a realização das medições.

### Referências

- [1] Babisch, W. (2005). Traffic, noise and health. In Environmental Health Impacts of Transport and Mobility. (pp. pp. 9-25).
- [2] Philips, C. D. (2000). Transport, Environment and Health, n.º89. S.I.: WHO Regional Publications, European Series.
- [3] Alfred, T. e. (2006). Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension. Vol.163, pp. 27-37. The RANCH Project. Vol.163, pp. 27-37. The RANCH Project. : American Journal of Epidemiology.