

“MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE - ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO INTERVALO DE TEMPO E DA ALTURA DE MEDIÇÃO”

Silva M.⁽¹⁾⁽²⁾, Leite J.⁽²⁾, Lemos L.⁽¹⁾, Lopes S.⁽¹⁾⁽²⁾, Pinho P.G.⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Ambiente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Campus Politécnico de Repeses 3504-510 Viseu, Portugal

marcelo.aa.silva@gmail.com, ltleemos@amb.estv.ipv.pt, slopes@amb.estv.ipv.pt, ppaulo@amb.estv.ipv.pt

⁽²⁾Monitar, Lda

marcelo.monitar@gmail.com, jleite.monitar@gmail.com, geral.monitar@gmail.com

Resumo

No presente estudo foi analisada a técnica de amostragem, para a caracterização das medições de longa duração, em situações em que o tráfego rodoviário é a fonte de ruído predominante. A análise da representatividade da técnica de amostragem, por recolha de amostras dentro do período de referência, comparativamente com a técnica de amostragem por medição em contínuo no período de referência foi efetuada para três tipos de rodovias diferentes. Foram efetuadas medições de ruído emitido pelo tráfego rodoviário a circular numa rodovia com elevado tráfego e perfil de autoestrada, numa rodovia rural e numa rodovia urbana de uma cidade de pequena dimensão. Para os períodos diurno e entardecer a diferença do indicador de ruído obtido pelas duas técnicas foi inferior a 3 dB(A) para todas as rodovias estudadas. Para o período noturno, a diferença máxima obtida pelas duas técnicas foi de: 5 dB(A) para caracterizar a rodovia de elevado tráfego; 13 dB(A) para caracterizar a rodovia rural e 7 dB(A) para caracterizar a rodovia urbana.

No presente estudo foi também avaliada a influência da altura de medição através da realização de medições, por técnica de amostragem, a 4,0 m e a 1,5 m de altura, em simultâneo, em 20 locais e a várias distâncias da fonte sonora - a rodovia A25, correspondendo a um total de 93 amostras. Em média, os valores medidos a 4,0 m de altura foram superiores aos medidos a 1,5 m em 2,5 dB(A) no período diurno, 1,8 dB(A) no período do entardecer e 1,5 dB(A) no período noturno.

Palavras-chave: ruído ambiente, fonte sonora, condições meteorológicas, altura de medição.

Abstract

In the present study we have analyzed the sampling techniques for the characterization of long term measurements in situations where road traffic is the predominant noise source. Analysis of the representation of the sampling technique, by single samples inside the reference period in comparison with the sampling technique by continuous measurement in the reference period was made in three different road types. Road traffic noise measurements were made on a high-traffic road with highway profile, on a rural road and on a small town urban road. For daytime and evening periods the differential noise indicator obtained by the two techniques was less than 3 dB(A) for all types of roads studied. For nighttime the maximum difference obtained by the two techniques was: 5 dB(A) in the high-traffic highway characterization; 13 dB(A) in the rural road characterization and 7 dB(A) in the urban road characterization.

The present study also evaluated the influence of the different measurement heights, performing measurements per sampling technique, at 4.0 m and 1.5 m of height, simultaneously on 20 locations and several distances from the sound source, the A25 highway, for a total of 93 samples. On average the values measured at 4.0 m height were higher than those measured at 1.5 m in 2.5 dB(A) during daytime, 1.8 dB(A) during the evening and 1.5 dB(A) at night.

Keywords: environmental noise, sound source, meteorological conditions, measurement height.

PACS no. 43.58.+z, 43.58.F

1 Introdução

A medição dos níveis de pressão sonora para avaliação do ruído, por determinação de indicadores de ruído de longa duração, é um processo complexo e como tal é fundamental a existência de procedimentos de medição harmonizados.

Ao nível da União Europeia, a publicação da Diretiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente, definiu os indicadores de ruído de longa duração a serem utilizados para a avaliação do ruído ambiente de acordo com a norma ISO 1996.

A transposição da Diretiva n.º 2002/49/CE para o direito interno pela publicação do Decreto-Lei 146/2006 de 31 de Julho [1] implicou a atualização do Regulamento Geral do Ruído (RGR) que foi instituído com a publicação do Decreto-Lei 9/2007 de 17 de janeiro [2]. Os indicadores de ruído são definidos no RGR de acordo com a versão atualizada da norma NP 1730-1:1996, estando atualmente em vigor a norma NP ISO 1996 de 2011 [3] [4].

A NP ISO 1996 estabelece uma metodologia para a determinação dos indicadores de ruído de longa duração não estabelecendo, no entanto, requisitos mínimos de amostragem para garantir a representatividade das correspondentes amostras. Assim, e por forma a harmonizar os procedimentos de medição para a determinação dos indicadores de longa duração e verificação do cumprimento dos requisitos acústicos estabelecidos no RGR, foi publicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) um guia prático para medições de ruído ambiente [5].

Os intervalos de tempo de longa duração são, de um ano para os indicadores L_{den} (indicador de ruído diurno-entardecer-noturno) e L_n (indicador de ruído noturno) e de um mês para o indicador $L_{Aeq,T}$, por período de referência, na avaliação do ruído ambiente e do ruído residual.

Assim as medições dos níveis sonoros para a determinação destes indicadores podem ser efetuadas em contínuo, ao longo de todo o intervalo de tempo de longa duração (um ano ou um mês), ou durante uma série de períodos diurnos, de entardecer e noturnos, representativos do intervalo de tempo de longa duração. Sendo a primeira opção economicamente impraticável, a medição tem então de ser efetuada durante uma série de períodos diurnos, de entardecer e noturnos, igualmente representativos do intervalo de tempo de longa duração.

Relativamente à representatividade da caracterização das condições de funcionamento da fonte sonora, o guia publicado pela APA refere duas opções de medição por amostragem: medição em contínuo, durante pelo menos dois períodos de referência em cada regime de funcionamento da fonte, ou amostragem de pelo menos dois dias cada um com pelo menos uma amostra, em cada um dos períodos de referência.

A medição por amostragem, dentro de cada período de referência, é a adotada pela generalidade das entidades acreditadas para a realização dos ensaios de medição dos níveis de pressão sonora para a determinação dos indicadores do ruído. A razão para este facto deve-se ao elevado custo associado a realização das medições em contínuo durante os períodos de referência que, não sendo obrigatórias, enviesam o mercado no sentido da realização das medições por amostragem dentro de cada período de referência, que permitem um menor custo de realização do ensaio.

A amostragem no período de referência exige um conhecimento prévio do regime de funcionamento da fonte no período de referência em análise e no intervalo de tempo de longa duração para seleccionar o momento de recolha das amostras, o número de amostras e a duração das mesmas.

Para além das condicionantes associadas às condições de funcionamento da fonte, existem ainda condicionantes meteorológicas para a realização das medições de ruído, uma vez que, dada a variação da distância do recetor à fonte, as condições de propagação sonora sofrem ou não influência dessas condicionantes.

Vários estudos se têm debruçado sobre esta problemática (e.g. [6] [7] [8]) sendo, no entanto, um tema que ainda requer maior número de estudos que possam servir de base de dados e alargar a base para discussão.

Tendo em consideração que o tráfego rodoviário é uma das principais fontes de ruído ambiente a avaliar e que o mesmo produz um ruído variável no tempo exigindo uma escolha acertada da amostragem dentro de cada período de referência, para que o resultado seja representativo de longa duração, o presente estudo fornece indicações para a seleção de amostras representativas do ruído emitido pelo tráfego rodoviário.

Um outro aspeto harmonizado para a realização das medições de ruído ambiente, é a altura de medição. De acordo com o RGR e com o guia publicado pela APA os pontos de medição no exterior devem situar-se a uma altura de 3,8 a 4,2 m acima do solo, quando aplicável, nomeadamente, no âmbito de mapas de ruído municipais, ou de 1,2 a 1,5m de altura acima do solo ou do nível de cada piso de interesse, nos restantes casos. No entanto, de acordo com as Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído [9], para efeitos de validação dos mapas de ruído as medições de longa duração podem, no caso de existirem constrangimentos de ordem técnica, ser efetuadas a uma altura de medição de 1,5 m desde que, para esse ponto de validação, o valor de nível sonoro seja recalculado a essa mesma altura, mantendo todos os outros fatores de cálculo iguais aos considerados no mapa de ruído.

No presente estudo foi efetuado um conjunto de medições simultaneamente à altura de 4,0m e de 1,5m com o objetivo de contribuir para uma discussão sobre a possibilidade de extrapolação, por cálculo, das medições de ruído efetuadas a uma altura de 1,5m para uma altura de 4,0m.

2 Metodologia

Como referido, no presente estudo, foram avaliados dois aspetos distintos relativos à medição e avaliação do ruído ambiente proveniente do tráfego rodoviário.

A análise da representatividade da técnica de amostragem por recolha de amostras, a realizar dentro do período de referência comparativamente à técnica de amostragem por medição em contínuo durante dois períodos de referência foi efetuada para três diferentes tipos de rodovias. Foram efetuadas medições de ruído emitido pelo tráfego rodoviário a circular numa rodovia com elevado tráfego rodoviário e perfil de autoestrada, numa rodovia rural e numa rodovia urbana de uma cidade de pequena dimensão. As medições foram efetuadas em contínuo, durante 48h, em cada um de quatro locais: dois para caracterizar rodovias com elevado tráfego (autoestradas A25 e A29), um para caracterizar rodovias rurais (EN221) e um para caracterizar rodovias urbanas (Avenida Alberto Sampaio - Viseu).

Os indicadores de ruído determinados para cada período de referência, com base nas medições em contínuo, foram comparados com os obtidos pela técnica de amostragem no período de referência, através da seleção de 3 amostras consecutivas de 15 minutos em cada período de referência e em dois dias distintos. Foram selecionadas amostras consecutivas já que se trata de uma prática corrente das entidades que realizam os ensaios de medição de ruído ambiente para encurtarem o tempo despendido na realização do ensaio e consequentemente reduzir os custos associados. Os indicadores de ruído para cada período de referência foram obtidos para as combinações possíveis de horários de medição para os dois dias de medição, considerando sempre o início de medição no minuto 0, 15, 30 ou 45.

Para avaliar a influência da altura de medição realizaram-se medições dos níveis de pressão sonora a 4,0m e 1,5m de altura, em simultâneo, recorrendo à técnica de amostragem numa via com perfil de autoestrada, rodovia A25. Caracterizaram-se, para os diferentes períodos de referência, diurno, entardecer e noturno, 20 locais situados ao longo da fonte sonora em estudo, e compreendidos entre os 25m e os 220m de distância relativamente ao eixo da via de tráfego. Para cada ponto foram realizadas várias amostras através da medição em dois dias distintos, 2 ou 3 amostras de 15 minutos por dia, correspondendo a um total de 93 amostras.

3 Resultados

3.1 Análise da representatividade da técnica de amostragem

A caracterização das rodovias de tráfego elevado foi efetuada nos seguintes locais: o local designado por RA25, localizado a cerca de 130 metros da autoestrada A25 e o local designado por RA29 localizado a cerca de 60 metros da autoestrada A29.

Efetuaram-se medições em contínuo com gravação dos níveis de pressão sonora de 2 em 2 segundos obtendo-se os indicadores de ruído para os dois dias de medição, por período de referência. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 1.

Com base nos dados recolhidos de 2 em 2 segundos foram calculadas médias de 15 min e médias de 3 amostras consecutivas correspondendo a 45 min, *vide* Figura 1.

Tabela 1: Indicadores de ruído calculados para os dois dias de medição, por período de referência, determinados por medição em contínuo dos níveis de pressão sonora nos locais de medição RA25 e RA29.

Indicador	RA25			RA29		
	Dia 1	Dia 2	Total	Dia 1	Dia 2	Total
L_d	49,1	49,1	49,1	55,4	55,4	55,4
L_e	48,4	48,6	48,5	53,0	53,7	53,4
L_n	45,3	44,0	44,7	49,7	50,3	50,0

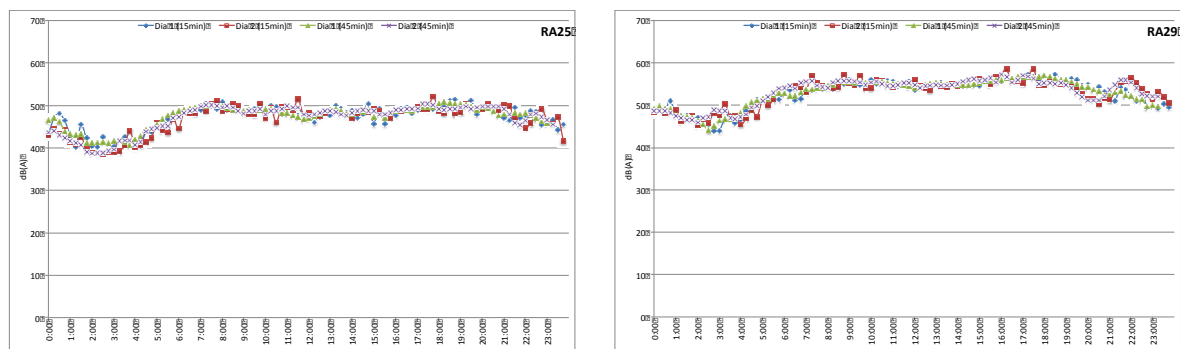


Figura 1: Níveis de pressão sonora contínuos calculados para intervalos de 15 e 45 min, com início de 15 em 15 min, relativos aos dois dias de medição nos locais de medição RA25 e RA29.

Na Tabela 2 e na Tabela 3 são apresentadas as diferenças entre o valor L_n obtido por medição em contínuo em 2 dias e o L_n obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos, 3 amostras de 15 min consecutivas, em 2 dias.

Por exemplo, o L_n obtido por medição em contínuo em dois dias no local RA25 foi de 44,7 dB(A) e o L_n obtido por três medições de 15 min consecutivas com início às 23:45, no primeiro dia de medição, e três medições de 15 min consecutivas com início às 2:15, no segundo dia de medição foi de 42,6 dB(A) sendo a diferença de 2,1 dB(A).

A análise das tabelas permite identificar quais os horários mais adequados para efetuar a amostragem. Verifica-se que existe um padrão semelhante para ambos os locais de medição embora digam respeito a rodovias com tráfego distinto e período do ano em que foi efetuada a medição também distinto. Observa-se que a seleção do horário de amostragem em dois dias distintos, no

Tabela 4: Diferenças entre o valor L_e obtido por medição em contínuo em dois dias e o L_e obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos em cada dia para o local RA25 (esquerda) e RA29 (direita).

	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15
20:00	-1,2	-1,1	-0,8	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,4
20:15	-1,1	-1,1	-0,8	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,4	-0,6	-0,3
20:30	-1,1	-1,1	-0,8	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,6	-0,3
20:45	-1,1	-1,1	-0,8	-0,4	-0,4	-0,4	-0,6	-0,4	-0,6	-0,3
21:00	-0,9	-0,9	-0,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,1	-0,3	-0,1
21:15	-0,3	-0,2	0,1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,6	0,4	0,7
21:30	0,4	0,5	0,9	1,6	1,6	1,5	1,3	1,5	1,3	1,6
21:45	0,6	0,6	1,1	1,8	1,7	1,7	1,4	1,7	1,4	1,8
22:00	0,2	0,3	0,7	1,4	1,3	1,3	1,1	1,3	1,0	1,4
22:15	-0,3	-0,3	0,1	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,7

	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15
20:00	0,4	0,7	0,9	1,6	1,4	1,1	1,0	1,5	1,7	2,0
20:15	0,4	0,7	0,9	1,5	1,3	1,1	0,9	1,5	1,6	2,0
20:30	0,4	0,7	0,9	1,5	1,3	1,1	1,0	1,5	1,6	2,0
20:45	0,0	0,3	0,5	1,1	0,9	0,7	0,6	1,1	1,2	1,6
21:00	-0,6	-0,3	-0,1	0,3	0,2	0,0	-0,1	0,3	0,4	0,7
21:15	-1,2	-1,0	-0,9	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2
21:30	-1,8	-1,6	-1,5	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,2	-1,1	-0,9
21:45	-1,8	-1,6	-1,5	-1,1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-1,1	-0,9
22:00	-1,5	-1,3	-1,1	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-0,8	-0,7	-0,5
22:15	-0,8	-0,5	-0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	0,1	0,2	0,4

Para o período do entardecer não foi observado um padrão semelhante para ambos os locais de medição. No local RA29 uma das medições do entardecer foi efetuada no dia 1 de Agosto e, como se pode observar na Figura 1 ocorreu um acréscimo nos níveis de pressão sonora entre as 22:00 e as 23:00. No local RA25 observa-se que as amostras recolhidas no início do período do entardecer dão origem a valores de L_e superiores aos obtidos por medição em contínuo no período e as amostras recolhidas no final do período dão origem a L_e inferiores. No entanto, observa-se que a diferença máxima observada foi de 2 dB(A) comparativamente com o valor de L_e medido durante todo o período de referência. Este resultado deve-se ao facto de a variação de tráfego observada neste período não ser muito significativa e o período ter a duração de apenas 3h correspondendo cada amostra a 25% do tempo total.

Na Tabela 5 e na Tabela 6 são apresentadas as diferenças entre o valor L_d obtido por medição em contínuo em 2 dias e o L_d obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos, 3 amostras de 15 min consecutivas, em 2 dias. No período diurno observa-se que a diferença máxima foi de 2 dB(A) comparativamente com o valor de L_d medido durante todo o período de referência pois a variação de tráfego observada ao longo do período não é muito significativa. No local RA25 observa-se que as amostras recolhidas no início ou no final do dia dão origem a valores de L_d superiores aos obtidos por medição em contínuo no período e as amostras recolhidas no restante período dão origem a L_d inferiores.

A caracterização da rodovia rural foi efetuada no local designado por R221, localizado a cerca de 60 metros da estrada nacional EN221 e a da rodovia urbana caracterizada por uma medição no local designado para RC1, localizado a cerca de 5 metros da berma da Avenida Alberto Sampaio - Viseu.

Efetuaram-se medições em contínuo com gravação dos níveis de pressão sonora de 2 em 2 segundos obtendo-se os indicadores de ruído para os dois dias de medição, por período de referência, os valores obtidos são apresentados na Tabela 7. Com base nos dados recolhidos de 2 em 2 segundos foram calculadas médias de 15 min e médias de 3 amostras consecutivas correspondendo a 45 min, *vide* Figura 2.

Tabela 7: Indicadores de ruído calculados para os dois dias de medição, por período de referência, determinados por medição em contínuo dos níveis de pressão sonora no local R221.

Indicador	R221			RC1		
	Dia 1	Dia 2	Total	Dia 1	Dia 2	Total
L_d	51,8	52,7	52,2	65,4	65,6	65,5
L_e	49,8	50,8	50,3	63,2	62,7	62,9
L_n	49,2	46,4	48,0	57,5	57,5	57,5

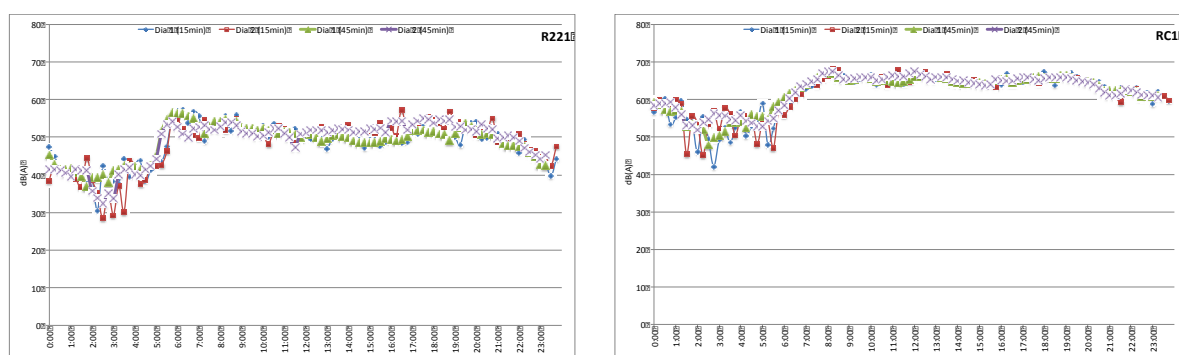


Figura 2: Níveis de pressão sonora contínuos calculados para intervalos de 15 e 45 min, com início de 15 em 15 min, relativos aos dois dias de medição nos locais de medição R221 e RC1.

Na Tabela 8 são apresentadas as diferenças entre o valor L_n , obtido por medição em contínuo, em 2 dias e o L_n , obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos, 3 amostras de 15 min consecutivas, em 2 dias no local R221 que caracteriza uma rodovia rural com um tráfego noturno muito reduzido. Como se pode observar pelos resultados obtidos as medições por amostragens realizadas antes das 5:00 dão origem a valores de L_n significativamente inferiores, 3 a 13 dB(A), aos obtidos por medição em contínuo no período. Observa-se que as medições realizadas após este horário dão origem a valores de L_n superiores aos obtidos por medição em contínuo no período. Ou seja, a técnica de amostragem, utilizando amostras de 45 minutos em dois dias distintos no período noturno, dificilmente dará origem a um resultado representativo da realidade.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados para o local RC1 que caracteriza uma via urbana de uma cidade de média dimensão, ou seja, em que se verifica uma diminuição acentuada do tráfego noturno. Verifica-se que existe um padrão semelhante ao observado nas rodovias de elevado tráfego rodoviário caracterizadas no presente estudo. Observa-se que a seleção do horário de amostragem em dois dias distintos e no horário compreendido entre a 1:30 e as 6:00 é desadequado e que o valor de L_n obtido será inferior em cerca de 2 a 5 dB(A) relativamente ao valor obtido no total do período de

para as medições realizadas no final do período comparativamente com o valor de L_e medido durante todo o período de referência, *vide* Tabela 10.

Tabela 10: Diferenças entre o valor L_e obtido por medição em contínuo em dois dias e o L_e obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos em cada dia para o local EN221 (esquerda) e RC1 (direita).

	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15
20:00	-1,3	-0,9	-1,1	-0,9	-0,4	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2
20:15	-2,3	-1,9	-2,1	-1,9	-1,5	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0	-1,1
20:30	-1,8	-1,4	-1,5	-1,4	-1,0	-0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
20:45	-1,7	-1,2	-1,4	-1,3	-0,8	-0,4	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2
21:00	-0,5	0,1	-0,1	0,1	0,7	1,3	1,5	1,5	1,6	1,5
21:15	-0,7	-0,2	-0,4	-0,2	0,4	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2
21:30	-0,8	-0,3	-0,5	-0,3	0,3	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1
21:45	-0,6	-0,1	-0,3	-0,1	0,5	1,1	1,3	1,2	1,4	1,3
22:00	-0,2	0,3	0,1	0,3	1,0	1,6	1,9	1,8	2,0	1,9
22:15	0,3	1,0	0,7	1,0	1,8	2,5	2,8	2,8	2,9	2,9

	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15
20:00	-1,8	-1,6	-1,2	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6
20:15	-1,5	-1,3	-0,9	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2
20:30	-1,1	-0,9	-0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
20:45	-0,7	-0,5	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9
21:00	-0,4	-0,2	0,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3
21:15	-0,4	-0,1	0,4	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3
21:30	-0,6	-0,4	0,1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	1,0	1,0
21:45	-1,0	-0,7	-0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5
22:00	-0,9	-0,7	-0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6
22:15	-0,7	-0,5	0,0	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9	0,9

Na Tabela 11 e Tabela 12 são apresentados os resultados obtidos para o período diurno para os locais R221 e RC1. Verifica-se que, para a rodovia rural, devido a variação mais acentuada do tráfego nas horas de ponta, identifica-se que as medições nestes horários (próximo das 8:00 e das 18:00) dão origem a valores de L_d superiores aos obtidos por medição em contínuo em cerca de 2 dB(A). Por outro lado as amostras recolhidos no horário de menor tráfego (14:00 às 16:00) dão origem a valores de L_d inferiores aos obtidos por medição em contínuo em cerca de 3 dB(A).

Na rodovia urbana os níveis de ruído são pouco variáveis ao longo do dia, embora também se identifique uma diferença nos níveis de pressão sonora entre as amostras recolhidos no horário das horas de ponta (início da manhã, hora de almoço e final de tarde) e as amostras recolhidas no horário do meio da tarde.

3.2 Influência das alturas de medição

Para avaliar a influência da altura de medição realizaram-se medições dos níveis de pressão sonora a 4,0m e 1,5m de altura, em simultâneo, recorrendo à técnica de amostragem numa via com perfil de autoestrada. Para cada um dos 20 pontos monitorizados foram calculados os valores de L_d , L_e e L_n correspondentes a cada altura de medição. Os resultados são apresentados na Tabela 13 onde são ainda indicadas as distâncias à fonte, a presença ou não de barreiras acústicas, o tipo de solo e a existência de outras rodovias.

Para cada indicador são apresentadas as diferenças entre os valores obtidos a 4,0m e os valores obtidos a 1,5m e a média e desvio padrão das diferenças para todos os locais de medição.

Tabela 11: Diferenças entre o valor L_d obtido por medição em contínuo em dois dias e o L_d obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos em cada dia para o local R221.

Table with 33 columns (time slots) and 33 rows (time slots) showing differences in decibels. Values range from approximately -0.8 to 0.8.

Tabela 12: Diferenças entre o valor L_d obtido por medição em contínuo em dois dias e o L_d obtido pela técnica de amostragem de 45 minutos em cada dia para o local RC1.

Table with 33 columns (time slots) and 33 rows (time slots) showing differences in decibels. Values range from approximately -0.8 to 0.8.

Tabela 13: Indicadores de ruído obtidos nos diferentes locais de medição a duas alturas de medição

	Distância ao centro da via (m)	Tipo solo	Barreira acústica	L _d (1,5m)	L _d (4m)	ΔL _d	L _e (1,5m)	L _e (4m)	ΔL _e	L _n (1,5m)	L _n (4m)	ΔL _n	□□□.
P1	25	Poroso	Não	62,2	65,8	3,6	60,5	63,6	3,1	56,9	59,4	2,5	Diferença de cota em relação à rodovia (-1m)
P2	30	Duro	Não	59,5	63,1	3,6	56,4	60,0	3,6	55,8	59,3	3,5	
P3	40	Poroso	Não	59,3	63,7	4,4	56,8	60,2	3,4	54,5	57,0	2,5	Diferença de cota em relação à rodovia (-1m)
P4	50	Poroso	Sim	50,9	52,5	1,6	49,3	50,8	1,5	48,1	49,6	1,5	Diferença de cota em relação à rodovia (-3m)
P5	60	Poroso	Não	52,6	58,2	5,6	51,0	55,5	4,5	49,5	52,8	3,3	Diferença de cota em relação à rodovia (4m); EM a 25m
P6	65	Poroso	Sim	50,5	53,1	2,6	50,0	52,2	2,2	46,2	47,9	1,7	Diferença de cota em relação à rodovia (3m); EN a 35m
P7	80	Poroso	Sim	55,5	57,6	2,1	54,2	55,6	1,4	52,8	53,2	0,4	Diferença de cota em relação à rodovia (-7m); EN a 20m
P8	80	Poroso	Sim	50,3	52,4	2,1	45,9	47,0	1,1	45,7	46,9	1,2	Diferença de cota em relação à rodovia (-7m)
P9	85	Poroso	Sim	45,5	47,3	1,8	47,7	48,4	0,7	42,5	43,1	0,6	Diferença de cota em relação à rodovia (-13m)
P10	110	Poroso	Não	50,9	53,3	2,4	50,3	50,7	0,4	48,1	49,5	1,4	EN a 35m
P11	120	Poroso	Não	56,9	57,5	0,6	53,9	53,4	-0,5	52,4	52,3	-0,1	Diferença de cota em relação à rodovia (5m)
P12	120	Poroso	Não	48,0	52,2	4,2	48,8	52,1	3,3	44,9	47,5	2,6	EN a 35m
P13	125	Poroso	Sim	46,4	49,3	2,9	44,9	46,7	1,8	44,6	45,9	1,3	EM a 35m
P14	130	Poroso	Não	52,6	54,0	1,4	51,7	52,7	1,0	49,7	51,0	1,3	Diferença de cota em relação à rodovia (3m); EM a 10m
P15	155	Poroso	Não	54,5	55,1	0,6	50,2	50,3	0,1	49,8	49,6	-0,2	Diferença de cota em relação à rodovia (20m)
P16	160	Poroso	Não	50,9	53,4	2,5	50,1	51,9	1,8	48,8	49,6	0,8	Diferença de cota em relação à rodovia (-20m); EN a 20m
P17	180	Poroso	Não	55,0	58,0	3,0	51,4	54,2	2,8	51,7	54,0	2,3	Diferença de cota em relação à rodovia (5m); EN a 45m
P18	180	Poroso	Sim	43,0	44,5	1,5	43,5	44,3	0,8	42,1	43,5	1,4	
P19	210	Poroso	Não	47,2	49,1	1,9	44,5	45,4	0,9	41,9	42,6	0,7	Diferença de cota em relação à rodovia (-27m); EN a 15m
P20	220	Poroso	Não	50,2	52,4	2,2	49,3	50,8	1,5	48,0	49,1	1,1	Diferença de cota em relação à rodovia (7m)
Média						2,5			1,8			1,5	
Desvio Padrão						1,3			1,3			1,0	

Com a análise dos dados constata-se que, a média das diferenças dos níveis de pressão sonora medidos à altura de 4 metros e à altura de 1,5 metros é superior no período diurno comparativamente aos períodos de entardecer e noturno e superior no período do entardecer relativamente ao período noturno. No período diurno observaram-se níveis de pressão sonora superiores, nas medições efetuadas a 4,0 metros de altura comparativamente com as efetuadas a 1,5m em média de 2,5dB(A) com um desvio padrão de 1,3 dB(A). No período do entardecer a diferença foi em média 1,8 dB(A), com desvio padrão de 1,3 dB(A), e no período noturno a diferença foi em média de 1,5 dB(A), com desvio padrão de 1,0 dB(A).

A diferença dos níveis de pressão sonora medidos a diferentes alturas é por um lado devida a uma diferente atenuação do solo e por outro devida à diferente propagação sonora.

A influência do solo verifica-se no caso do solo poroso, observando-se uma maior atenuação para alturas menores. Esta diferença está transcrita no algoritmo de cálculo descrito na NP 4361-2:2001 (correspondente com a ISO 9613-2:1996) utilizado na modelação dos níveis de pressão sonora.

Também a diferença das condições de propagação, influenciadas pelas condições meteorológicas, influenciam os níveis de pressão sonora medidos a diferentes alturas.

No período noturno as condições de propagação sonora foram geralmente favoráveis na totalidade do período de medição diminuindo a diferença entre os níveis sonoros medidos a diferentes alturas quando comparada com o período do entardecer e com o período diurno.

4 Conclusões

O presente estudo contribuiu para identificar os horários em que a técnica de amostragem, por recolha de amostras dentro do período de referência, comparativamente com a técnica de amostragem por medição em contínuo nos períodos de referência é representativa para a fonte tráfego rodoviário.

Para os períodos diurno e do entardecer a diferença do indicador de ruído obtido pelas duas técnicas foi inferior a 3 dB(A) para todas as rodovias estudadas. Para o período noturno a diferença máxima obtida pelas duas técnicas foi de: 5 dB(A) para caracterizar a rodovia de elevado tráfego; 13 dB(A) para caracterizar a rodovia rural e 7 dB(A) para caracterizar a rodovia urbana.

Assim, verifica-se a necessidade de selecionar corretamente o horário de amostragem, sempre que as recolhas de amostras seja efetuada dentro do período de referência noturno.

Salienta-se ainda a necessidade de alargar a base de dados de medições acústicas, e respectivos estudos, por forma a permitir estabelecer diretrizes com horários de medição que possam ser utilizados para as recolhas de amostras a efetuar dentro do período, em função das características da rodovia e, desta forma, homogeneizar procedimentos entre diferentes entidades que efetuam ensaios de medição de ruído ambiente.

O presente estudo permitiu, ainda, identificar que a extrapolação, por cálculo, das medições de ruído efetuadas a uma dada altura para outra, podem dar origem a resultados significativamente diferentes dos observados no campo, estando dependentes da boa caracterização de diversos fatores nem sempre fáceis de caracterizar no local.

Referências

- [1] Decreto-Lei n.º 146/2006. D.R. Série I-A. 146 (2006-07-31). 5433-5441.
- [2] Decreto-Lei n.º 9/2007. D.R. Série I-A. 12 (2007-01-17). 389-398.
- [3] NP ISO 1996-1 - *Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação*. 2011.
- [4] NP ISO 1996-2 - *Acústica. Descrição, medição e avaliação do ruído ambiente. Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora do ruído ambiente*. 2011.
- [5] Matos, J.; Fradique, J.; Tavares L.; Guedes M.; Leite M. J. 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. 2011.
- [6] Lobo M. G.; Coutinho S. I.; Lopes S. M.; Pinho P. G. Contribuição para a Avaliação do Ruído de Infra-Estruturas Rodoviárias por Recurso a Técnicas de Amostragem Não Contínuas. CNAI'06 - 2ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes, Castelo Branco, Portugal, 18 a 20 de Outubro de 2006.
- [7] Georgiadou, E.; Kourtidis, K.; Ziomas, I. *Exploratory traffic noise measurements at five main streets of Thessaloniki, Greece*. Global Nest: the Int.J. Vol. 6 (1), 2004, pp. 53-61.
- [8] Antunes, S.; Rosão, V.; Falcão, A. Representatividade das medições em Acústica Ambiental. *Acústica 2008*, Coimbra, Portugal, 20-22 de Outubro de 2008.
- [9] Guedes, M.; Leite, M. J. Diretrizes para Elaboração de Mapas de Ruído. Agência Portuguesa do Ambiente. 2011