

# PERCEÇÃO DO RISCO PARA PEÕES ATRAVÉS DO RUÍDO RODOVIÁRIO

Francisco Soares<sup>1</sup>, Elisabete Freitas<sup>2</sup>, João Lamas<sup>3</sup>, Carlos Silva<sup>4</sup>, Sandra Mouta<sup>5</sup> e Jorge Santos<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Mestre, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Campus de Azurém, 4800 058, Guimarães, Portugal

<sup>2</sup> PhD, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Campus de Azurém, 4800 058, Guimarães, Portugal

email: [efreitas@civil.uminho.pt](mailto:efreitas@civil.uminho.pt) <http://www.civil.uminho.pt/departamento.php?sm=3>

<sup>3</sup> PhD, Centro de Computação Gráfica, Domínio “Percepção, Interação e Usabilidade”, Campus de Azurém, 4800 058 Guimarães, Portugal

<sup>4</sup> Mestre, Centro de Computação Gráfica, Domínio “Percepção, Interação e Usabilidade”, Campus de Azurém, 4800 058 Guimarães, Portugal

<sup>5</sup> PhD, Centro de Computação Gráfica, Domínio “Percepção, Interação e Usabilidade”, Campus de Azurém, 4800 058 Guimarães, Portugal

<sup>6</sup> PhD, Universidade do Minho, Departamento de Psicologia Básica, Centro Algoritmi, Centro de Computação Gráfica, Portugal, Campus de Azurém, 4800 058 Guimarães, Portugal

---

## Sumário

*Neste trabalho estudou-se a influência do ruído proveniente do tráfego rodoviário na percepção do risco e a forma como variáveis que para ele contribuem (e.g. velocidade e tipo de pavimento) conseguem influenciar a tomada de decisão dos peões numa situação de atravessamento de uma rodovia. Recorreu-se à apresentação de estímulos auditivos em ambiente simulado constituídos por amostras de ruído de tráfego rodoviário adquiridas através do método da passagem controlada (CPB) a um conjunto de participantes. A experiência realizada permitiu concluir que o nível de ruído do tráfego rodoviário apresenta grande importância na forma como os peões avaliam uma potencial situação de risco numa passagem para peões, sendo que quanto mais intenso for o ruído do tráfego mais conservadora é a opção tomada pelos peões.*

---

**Palavras-chave:** Risco; Percepção do Risco; Peões; Ambientes Virtuais; Ruído de Tráfego.

## 1 INTRODUÇÃO

O ruído do tráfego rodoviário é um dos principais contribuintes para o ruído ambiental nos grandes centros urbanos, onde as infraestruturas rodoviárias ocupam uma grande percentagem das suas áreas e o volume de tráfego motorizado tem vindo a aumentar com o passar dos anos. Devido aos impactos negativos na saúde pública e qualidade de vida das populações [1], o ruído do tráfego é considerado um grande problema do ponto de vista urbano.

Por este motivo, têm surgido nos últimos anos alguns estudos sobre técnicas que possam vir a reduzir esses impactos, como por exemplo os pavimentos rodoviários de baixo ruído que são capazes de reduzir o ruído proveniente da circulação do tráfego rodoviário [2]. Um outro aspeto que promete reduzir substancialmente o ruído proveniente da circulação dos veículos é o surgimento dos veículos elétricos cujo funcionamento dos seus motores produz níveis de ruído quase imperceptíveis [3].

No entanto, o que pode ser um bom prenúncio para a saúde e vivência urbana, a redução do ruído rodoviário, pode também constituir um grande revés no que se refere à segurança rodoviária: a falta do ruído do tráfego rodoviário pode constituir um maior risco para todos os utilizadores da rede viária, principalmente para os grupos mais vulneráveis como é o caso dos peões [4].

Segundo a Comissão Europeia [5], em 2014, 21% de todas as mortes que ocorrem nas estradas são de peões. Em Portugal, segundo dados fornecidos pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária [6], no mesmo ano, este número rondou os 17%, sendo este um valor mais baixo do que o da média europeia, mas que mesmo assim não deixa de ser uma percentagem elevada. Muitos estudos sobre os parâmetros que possam influenciar o risco para peões têm sido desenvolvidos com o intuito de minimizar estas percentagens. As diferentes classes etárias dos peões [7], o ambiente envolvente [8], o sexo de cada peão [9], o tipo de pavimento da estrada [10], os valores pessoais e sociais bem com o perfil socioeconómico de cada um, tanto peões como condutores [10], as velocidades praticadas pelos condutores e as condições de visibilidade dos condutores e dos peões [11] são exemplos de fatores com influência considerável na avaliação e percepção do risco por parte dos peões.

Este estudo tem por objetivo avaliar o impacto e influência que o ruído proveniente da circulação dos veículos possa ter na percepção do risco por parte dos peões. Neste trabalho optou-se por se realizar uma experiência em ambiente virtual a um conjunto de participantes que permite avaliar a influência referida, mas também a influência que outros tipos de variáveis como a velocidade e o tipo de pavimento das estradas terão na tomada de decisão dos peões numa situação de atravessamento de uma faixa de rodagem.

A experiência realizada consistiu na apresentação de vários estímulos a um conjunto de participantes, que simulavam a passagem de um veículo ligeiro a uma dada velocidade, num determinado tipo de pavimento rodoviário e cuja aproximação do veículo podia ser apercebida através de três distâncias iniciais (10, 15 e 20 metros) de apresentação do estímulo. O objetivo desta experiência compreendia a avaliação do impacto da velocidade e do tipo de pavimento rodoviário e, principalmente, a avaliação da influência que o ruído proveniente da circulação dos veículos têm na percepção do risco por parte dos peões. Desta forma, a tarefa a que cada participante se sujeitou foi à tomada de decisão da realização do atravessamento de uma passagem para peões quando sujeito aos estímulos auditivos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Tipos de Pavimento e Velocidade do Veículo

Os estímulos auditivos apresentados aos participantes consistiam em sons provenientes da circulação de um veículo ligeiro às velocidades de 30 e 50 km/h em três tipos de pavimentos distintos (Fig. 1): betão betuminoso (BB), blocos de cimento (BC) e cubos de granito (CG) de forma a representar as condições de circulação frequentemente existentes nos centros urbanos.



**Fig.1. Pavimentos sobre os quais se fez a aquisição dos sons utilizados nos estímulos [12]**

### 2.2 Aquisição dos Sons

Os sons referentes à circulação do veículo foram adquiridos, no âmbito do projeto NOISELESS, segundo o método da passagem controlada (método CPB), que por sua vez consiste na medição dos níveis máximos de pressão sonora ponderada A de um veículo em passagem num determinado trecho de uma estrada em estudo. Neste método, o microfone que efetua a aquisição é colocado a 7,5 m do centro da via de tráfego e entre 1,1 m e

1,3 m acima do plano da faixa de rodagem [13]. Os sons adquiridos por este método incluem todo o tipo de ruído existente, tanto o que resulta da interação pneu-pavimento, como o ruído proveniente do motor do veículo e o ruído ambiente [14]. Na aquisição dos sons utilizados no presente estudo, empregou-se um manequim *Head and Torso Simulator (HATS)* da *Brüel & Kjær* modelo *4128-D* com simuladores de orelha em detrimento do microfone referido pela norma citada a uma altura de 1,70 m. Por sua vez, os sons foram gravados com recurso a um *Brüel & Kjaer Pulse Analyzer type 3560-C*.

No quadro 1 são apresentados os valores dos indicadores acústicos do nível de pressão sonora máxima ponderada de A (LA<sub>max</sub>) e do nível de pressão sonora equivalente ponderada de A (LA<sub>eq</sub>), e do indicador psicoacústico Loudness, correspondentes aos sons com uma duração de 5 segundos utilizados na composição dos estímulos auditivos obtidos através do software de análise de sons *PsySound 3*.

O objetivo da medição do Loudness deve-se ao facto de este ser um indicador usado habitualmente na área da Psicologia para descrever uma sensação auditiva. Este indicador retrata o número total de impulsos nervosos que chegam ao cérebro por segundo ao longo do aparelho auditivo [15].

Quadro 1. Valores dos indicadores acústicos (LA<sub>max</sub> e LA<sub>eq</sub>) e psicoacústico (Loudness)

Tipo de Pavimento	Velocidade (km/h)	LA <sub>max</sub> (dB(A))	LA <sub>eq</sub> (dB(A))	Loudness (Sone)
Betão	30	57,96	53,79	6,88
	50	64,09	57,41	8,97
Blocos de Cimento	30	63,71	59,64	7,74
	50	69,22	63,18	10,12
Cubos de Granito	30	68,79	64,68	9,93
	50	73,43	66,38	12,80

Desde logo se verificam diferenças entre os valores dos vários indicadores em função das velocidades e dos diferentes tipos de pavimento. Quando se tem o tipo de pavimento como base de comparação, observa-se que existe uma subida sucessiva dos valores dos indicadores acústicos e psicoacústico entre os sons referentes ao pavimento de betão betuminoso, blocos de cimento e cubos de granito. Este desempenho é semelhante para cada uma das velocidades estudadas, apesar de que, para o mesmo tipo de pavimento, os níveis de ruído difiram significativamente.

## 2.3 Metodologia Experimental

### 2.3.1 Participantes

A experiência foi realizada a uma amostra de 10 participantes voluntários, 5 do sexo masculino e 5 do sexo feminino, entre os 20 e os 30 anos de idade (média de idades de 26 anos e desvio padrão de 1,4). Apesar da dimensão da amostra ser relativamente pequena, as respostas dos participantes foram bastante consistentes permitindo uma generalização dos resultados. Importa acrescentar que nenhum participante possuía problemas auditivos.

### 2.3.2 Estímulos Auditivos

Os estímulos auditivos foram preparados de modo a se implementarem três distâncias iniciais diferentes com o intuito de se criarem diferentes tempos de passagem do veículo. Estas distâncias correspondem a um ponto a partir do qual os participantes começavam a ouvir o veículo em aproximação que combinadas com cada uma das velocidades representam os diferentes tempos de passagem dos veículos (TTP). As distâncias iniciais utilizadas foram de 10, 15 e 20 metros, traduzindo-se em tempos de passagem que variam entre os 0,72 e os 2,4 segundos. Deste modo e considerando os três tipos de pavimentos, foram apresentados 18 estímulos auditivos distintos (Quadro 2).

Quadro 2. Características dos estímulos auditivos

Tipo de Pavimento	Distância Inicial (m)	Velocidade (km/h)	TTP (s)	
Betão Betuminoso	10	50	0,72	
		30	1,20	
	15	50	1,08	
		30	1,80	
	20	50	1,44	
		30	2,40	
	Blocos de Cimento	10	50	0,72
			30	1,20
15		50	1,08	
		30	1,80	
20		50	1,44	
		30	2,40	
Cubos de Granito		10	50	0,72
			30	1,20
	15	50	1,08	
		30	1,80	
	20	50	1,44	
		30	2,40	

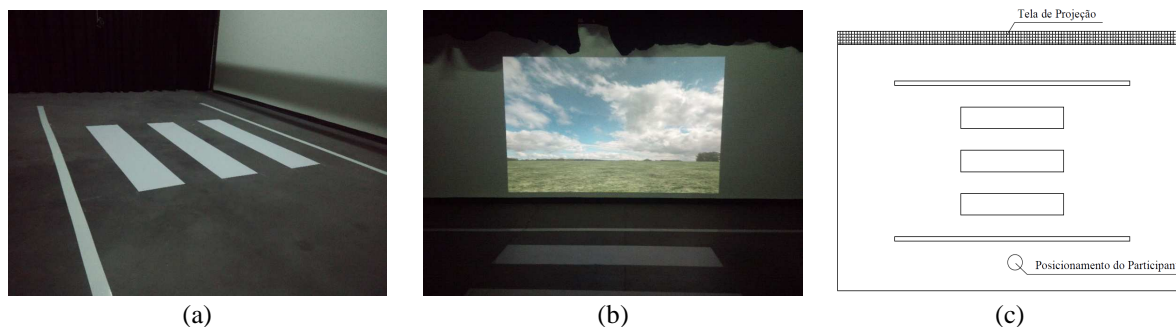
Todos os sons foram manipulados para que tivessem a mesma duração, independentemente do TTP a eles correspondente. A duração escolhida para os estímulos auditivos foi de 1,56 segundos (valor médio entre o TTP mínimo (0,72 s) e o TTP máximo (2,40 s)) de modo a que os participantes tivessem a sensação de que numa parte da totalidade dos estímulos o veículo não chegaria a passar por eles enquanto o som lhes era apresentado. Para tal, os sons cuja duração inicial era de 5 segundos foram cortados tendo em conta os tempos de passagem do veículo acima descritos e a posição tempo-espacial do veículo em relação ao participante.

Passados 0,5 segundos do início de cada estímulo, era exibido um sinal (bip) sem que houvesse interrupção da apresentação do referente estímulo auditivo com o objetivo de indicar o instante para o qual era avaliada a possibilidade de efetuar o atravessamento da passagem para peões demarcada no piso e a partir do qual era dada a informação sobre a decisão tomada. A escolha desse instante para a apresentação do sinal tem que ver com a posição do veículo, ou seja, em nenhum tipo de estímulo o veículo tinha passado pelo participante 0,5 segundos após o seu início.

Antes da realização da experiência aos participantes foi efetuada a calibração dos sons a serem apresentados através de um sonómetro da marca *Brüel & Kjaer* e modelo 22 70, tendo por base o nível de pressão sonora máxima para um dos sons que era apresentado como estímulo aquando da sua aquisição.

### 2.2.3 Procedimento Experimental

A experiência decorreu numa sala com baixos níveis de ruído com a configuração apresentada na Fig.2. No seu piso foi demarcada uma passagem para peões com comprimento de 3,5 metros e largura de 2,5 metros. No decorrer da experiência foi ainda projetada uma imagem virtual de um terreno.



**Fig.2. Configuração da sala: demarcações da passagem para peões (a); imagem projetada (b) e esquema de posicionamento dos participantes (c)**

A apresentação dos estímulos foi efetuada de forma aleatória e através de uns auscultadores *AKG K-271 MKII*. Cada estímulo foi repetido cinco vezes, sendo cada um deles apresentado ao participante nos dois sentidos, tanto da esquerda para a direita como da direita para a esquerda. Assim, o número total de estímulos apresentado a cada participante foi de 180, como se pode perceber mais facilmente através da expressão 1.

$$3 \text{ Pavimentos} \times 6 \text{ TTP} \times 2 \text{ Sentidos} \times 5 \text{ Repetições} = 180 \text{ Estímulos} \quad (1)$$

A tarefa dada a cada participante foi de avaliar a intenção de atravessamento ou não atravessamento de uma passagem para peões após a apresentação dos vários estímulos auditivos. Para isso, os participantes tinham sensivelmente 2 segundos após a apresentação do sinal para indicarem a sua decisão naquele instante, clicando no botão direito de um rato em caso de decidirem atravessar ou no botão esquerdo do mesmo quando a sua decisão era a oposta. Este tempo foi implementado para que os participantes conseguissem dar a sua resposta sem que existisse qualquer tipo de enviesamento.

Este tipo de experiências apresenta normalmente um elevado nível de complexidade para os participantes, uma vez que os estímulos são apresentados num curto intervalo de tempo, sendo necessária uma grande concentração por parte de quem os avalia. Por este motivo, para que as suas respostas apresentassem a maior consistência possível, cada participante foi submetido a uma tarefa de treino antes do início da experiência. Esta tarefa consistiu na apresentação de 12 dos 180 estímulos que posteriormente foram apresentados na experiência. As repostas dadas pelos participantes para essa tarefa foram analisadas antes da realização da tarefa principal, recorrendo-se a uma simples avaliação da aleatoriedade das respostas com o intuito de se verificar se os objetivos da experiência tinham sido percebidos por parte dos participantes.

### 3 ANÁLISE DE RESULTADOS

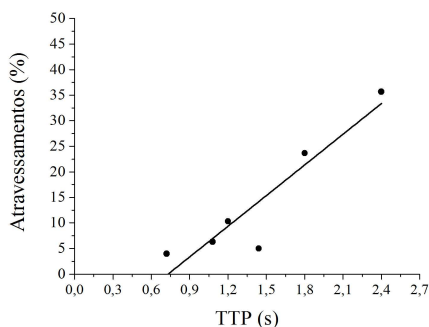
Neste capítulo tem-se por principal objetivo a análise da influência do ruído proveniente do tráfego rodoviário na percepção do risco por parte dos peões, relacionando os valores dos indicadores acústicos,  $L_{Amax}$  e  $L_{Aeq}$ , bem como os valores do indicador psicoacústico, Loudness, com as percentagens médias de atravessamentos resultantes das respostas fornecidas pelos participantes, dado o reduzido número de respostas falhadas verificado que torna dispensável uma análise das percentagens de não atravessamentos. Avalia-se, também, a forma como as restantes variáveis como os tempos de passagem do veículo (TTP), a velocidade de circulação dos veículos e da distância a que os participantes começam a ouvir o veículo a aproximar-se, e ainda o tipo de pavimento influenciam a tomada de decisão dos participantes.

#### 3.1 Ponto de Vista Psicofísico

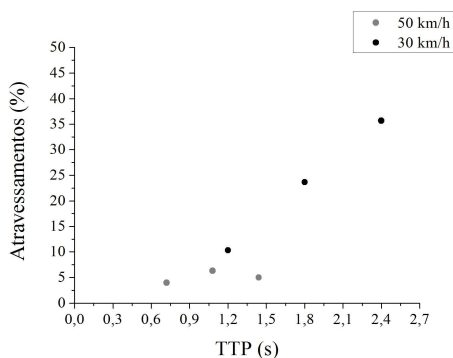
Os tempos de passagem do veículo apresentam significância estatística na percentagem média de atravessamentos obtida determinada através de uma análise ANOVA ( $F_{5,174} = 11,520$ ;  $p < 0,001$ ).

Pela análise da Fig.3, verifica-se que a percentagem de atravessamentos aumenta de forma aproximadamente linear com o aumento do TTP ( $ATRAV = 19,99TTP - 14,63$ ;  $R^2 = 0,82558$ ), havendo apenas uma exceção verificada para as percentagens de respostas relativas aos estímulos com um TTP de 1,44 segundos. Esta evidência mostra que os participantes deram mais importância à velocidade de circulação dos veículos do que

propriamente à distância a que começavam a ouvir a sua aproximação na avaliação dos estímulos, pois a percentagem de respostas é superior para os tempos de passagem do veículo correspondentes à velocidade de 30 km/h (Fig.4). Isto é, para o TTP de 1,44 segundos a distância inicial (20 metros) era superior à distância inicial do TTP de 1,20 segundos (10 metros), o que justificava uma percentagem superior de atravessamentos, contudo o facto de a velocidade ser inferior para os estímulos com um TTP de 1,20 segundos (30 km/h), quando comparada com a velocidade dos estímulos com um TTP de 1,44 segundos (50 km/h), explica a discrepância verificada.



**Fig. 3. Relação linear para o aumento da percentagem de atravessamentos segundo o aumento do TTP**

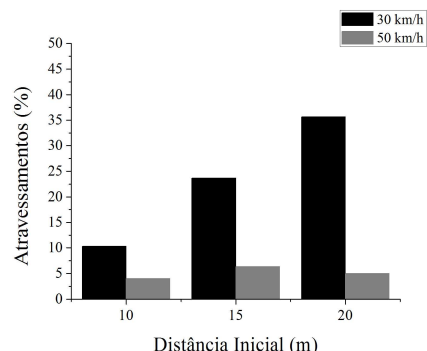


**Fig. 4. Percentagem de atravessamentos segundo os tempos de passagem do veículo diferenciados pela velocidade**

Note-se que, através da análise das Fig.4 e Fig.5, as percentagens de atravessamentos para os estímulos cuja velocidade do veículo era de 50 km/h são aproximadamente constantes, o que permite também confirmar que pouca ou nenhuma importância foi dada pelos participantes à distância a que estes começavam a ouvir o som da circulação do veículo. Pelo contrário, verifica-se que a velocidade desempenhou um papel fundamental nas respostas dos participantes na avaliação da globalidade dos estímulos.

Já para os estímulos cuja velocidade do veículo era de 30 km/h, para além das percentagens de atravessamentos serem superiores, nota-se que a distância inicial também teve importância nas respostas, pois quanto maior é a distância, maior é a percentagem de atravessamentos.

Todavia, em geral, verifica-se que os tempos de passagem do veículo tiveram um peso considerável nas respostas dadas pelos participantes, o que significa que a informação relativa ao tempo de passagem foi devidamente orientadora, influenciando a tomada de decisão dos participantes, no entanto, em nenhuma situação, a realização do atravessamento podia ser feita em segurança, uma vez que o tempo necessário para a realização do atravessamento por parte dos peões de uma via com 3,5 metros de largura, considerando uma velocidade média de marcha de 1,2 m/s [16] e tendo em consideração as distâncias de paragem médias dos veículos defendidas pelo IMTT [17], é sempre superior aos tempos de aproximação do veículo.

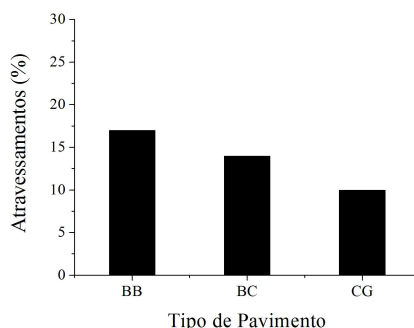


**Fig. 5. Percentagem de atravessamentos segundo as distâncias do veículo aquando da apresentação do estímulo em função da velocidade**

### 3.2 Ponto de Vista Psicoacústico

As variáveis em estudo que contribuem para o ruído rodoviário são o tipo de pavimento e a velocidade, como mostra o Quadro 1. Uma análise ANOVA mostrou que as percentagens de atravessamentos diferem significativamente consoante o nível de ruído ( $F_{5,174} = 6,771$ ;  $p < 0,001$ ).

Pela análise das respostas dadas aos estímulos auditivos distinguidos pelo tipo de pavimento, nota-se que a percentagem de atravessamentos é tanto maior quanto menos ruidoso for o pavimento. Isto é, o pavimento de betão betuminoso (BB), ao qual correspondem valores mais reduzidos dos indicadores acústicos e do psicoacústico, regista uma percentagem de atravessamentos superior aos pavimentos de blocos de cimento (BC) e cubos de granito (CG). Por sua vez, o pavimento de cubos de granito sendo o pavimento com os valores mais altos para os indicadores acústicos e psicoacústicos regista a percentagem mais baixa de atravessamentos (Fig.6).



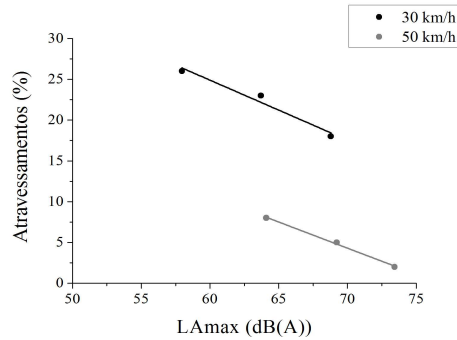
**Fig. 6. Percentagem de atravessamentos segundo os diferentes tipos de pavimentos abordados**

Sobressai ainda o facto de as diferenças entre as percentagens de atravessamentos sucessivas entre os tipos de pavimentos abordados serem bastante semelhantes, ou seja, existe uma diferença de 3% entre a percentagem de atravessamentos verificada para os estímulos compostos com sons adquiridos em pavimentos de betão betuminoso e cubos de granito e blocos de cimento e de 4% entre as respostas do mesmo tipo para os pavimentos de blocos de cimento e cubos de granito. Se, pelos valores apresentados no Quadro 1, se calcularem os valores médios dos indicadores para cada um dos tipos de pavimento verifica-se o mesmo fenómeno, o que leva a concluir que os níveis de ruído têm também um importante peso na tomada de decisão dos participantes.

Relacionando a percentagem de atravessamentos com os indicadores acústicos, LAeq e LMax, e com o indicador psicoacústico, Loudness, verifica-se uma notória influência da velocidade do veículo para além das características acústicas e psicoacústicas dos sons que compõem os estímulos auditivos. Fazendo uma análise da percentagem de atravessamentos por cada uma das velocidades, observa-se que existe uma tendência linear para a diminuição da percentagem de atravessamentos com o aumento dos valores dos indicadores medidos.

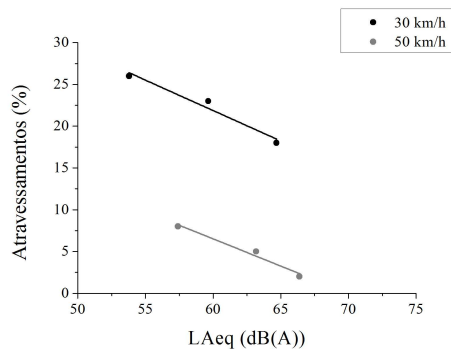
Os gráficos relativos à relação entre a percentagem de atravessamentos e os valores dos indicadores acústicos medidos (Fig.7 e Fig.8) mostram uma grande semelhança entre ambos no que diz respeito às retas de ajuste. Os

declives das referidas retas são muito parecidos, tanto para a velocidade de 30 km/h como para a velocidade de 50 km/h. Para além disso, o coeficiente de determinação das 4 retas é consideravelmente alto, o que indica um bom ajuste entre a percentagem de atravessamentos e os valores dos indicadores acústicos, LAmax e LAeq, para ambas as velocidades estudadas, sendo um pouco superior para os ajustes lineares em função do LAmax.



**Fig. 7. Relação entre a percentagem de atravessamentos e o LAmax**

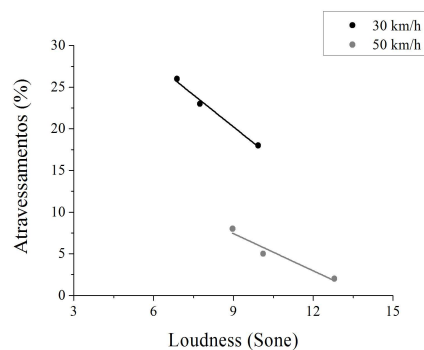
(Nota: Ajuste para a velocidade de 30 km/h:  $ATRAV = -0,734LA_{max} + 68,929$ ;  $R^2 = 0,93656$ . Ajuste para a velocidade de 50 km/h:  $ATRAV = -0,640LA_{max} + 49,127$   $R^2 = 0,99355$ )



**Fig. 8. Relação entre a percentagem de atravessamentos e o LAeq**

(Nota: Ajuste para a velocidade de 30 km/h:  $ATRAV = -0,729LA_{eq} + 65,598$ ;  $R^2 = 0,93141$ . Ajuste para a velocidade de 50 km/h:  $ATRAV = -0,651LA_{eq} + 45,578$ ;  $R^2 = 0,94673$ )

Quanto à relação entre a percentagem de atravessamentos e os valores do indicador psicoacústico medidos, a Fig.9 mostra um ajuste linear com coeficientes de determinação também consideravelmente altos. No entanto verifica-se que a reta se ajusta melhor para a velocidade de 30 km/h do que para a de 50 km/h, ao contrário do que se obteve para os indicadores acústicos.



**Fig. 9. Relação entre a percentagem de atravessamentos e o Loudness**

(Nota: Ajuste para a velocidade de 30 km/h:  $ATRAV = -2,556Loud + 43,251$ ;  $R^2 = 0,97874$ . Ajuste para a velocidade de 50 km/h:  $ATRAV = -1,487Loud + 20,812$ ;  $R^2 = 0,89899$ )



Desta forma, o Loudness é o indicador que melhor caracteriza a influência do ruído na tomada de decisão dos peões para a velocidade mais baixa do veículo e o L<sub>Amax</sub> o que melhor se ajusta para a velocidade mais elevada.

## **4 CONCLUSÕES**

Apesar de ser considerado um grande problema dos meios urbanos, no que diz respeito à segurança rodoviária, particularmente para o caso dos peões, o ruído de tráfego é um fator com um contributo essencial na perceção e avaliação do risco. A sua influência na tomada de decisão por parte dos participantes foi clara, constatando-se que as percentagens de respostas do tipo atravessamento, distinguidas pela velocidade, decrescem linearmente com o aumento dos valores dos indicadores acústicos e psicoacústicos, mostrando-se também a importância do tipo de pavimento na tomada de decisão por parte dos peões numa situação de atravessamento de uma via de tráfego.

Por outro lado, a componente acústica do tráfego permite que os peões façam uma estimativa dos tempos de passagem dos veículos. Quanto maior o tempo de passagem do veículo, maior a percentagem de atravessamentos obtida, excetuando-se uma situação que permitiu mostrar que os participantes davam maior importância à velocidade dos veículos do que à distância inicial dos mesmos na avaliação da segurança para a realização do atravessamento.

Nesse mesmo sentido, verificou-se que, mesmo sendo apenas percebida auditivamente, a velocidade do veículo tem uma influência bastante significativa na tomada de decisão dos peões, mesmo para além das características acústicas da sua circulação. Tal ficou comprovado com as reduzidas percentagens de atravessamentos obtidas para a generalidade dos estímulos auditivos correspondentes à velocidade de circulação do veículo de 50 km/h e com as percentagens de atravessamentos mais elevadas para os estímulos cuja velocidade de circulação do veículo era de 30 km/h.

Quanto ao tipo de pavimento, para salvaguardar a segurança dos peões, a sua escolha de implementação nunca deve ser feita ponderando unicamente sobre as suas características acústicas, porque há outras especificidades que estão direta ou indiretamente ligadas à segurança pedonal, como por exemplo a sua textura que está relacionada com as condições de atrito fornecidas aos veículos. Do ponto de vista acústico, na seleção do tipo de pavimento devem-se ponderar as vantagens e desvantagens do ponto de vista da segurança rodoviária e da qualidade do ambiente urbano, tomando em consideração que a redução do ruído rodoviário reduz o impacto negativo sobre a saúde da população, mas, por outro lado, pode ter consequências negativas no que diz respeito à segurança rodoviária, mais particularmente à segurança dos peões.

Em geral, prova-se que o ruído de tráfego é uma componente importante para a perceção do risco para peões. No entanto, conclui-se também que a componente acústica do tráfego rodoviário, por si só, não é um fator que permita aos peões fazer uma correta avaliação do risco. No que diz respeito aos peões, numa tarefa como a avaliação da possibilidade de atravessamento da faixa de rodagem, não se deve descorar o importante papel da componente visual, devendo ser sempre fornecidas as melhores condições de visibilidade a estes utilizadores da via pública. Só desta forma é que os peões serão capazes de fazer uma correta avaliação do risco neste tipo de situações.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Este artigo foi elaborado com o apoio da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia e contém informação proveniente dos projetos PEst-OE/ECI/UI4047/2014, PEst-OE/EEI/UI0319/2014 financiados no âmbito do Programa Operacional Temático Fatores de Competitividade (COMPETE) e participados pelo Fundo Comunitário Europeu FEDER, do projeto PTDC/ECM-TRA 3568/2014 cofinanciado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização e pelo projeto NORTE-07-0162-FEDER-000076-cave@CCG, ON.2 – Programa Operacional Regional do Norte.

## 6 REFERÊNCIAS

1. Babisch, Wolfgang, Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise and Health*, 10(38), 27, 2008.
2. Freitas, Elisabete F. & Pereira, Paulo A.A. Definição e características de superfícies de baixo ruído. *Paper presented at the 7º Congresso Rodoviário Português*, 2013.
3. Jabben, Jan, Verheijen, Edwin & Potma, Charlos. Noise reduction by electric vehicles in the Netherlands. *Paper presented at the Inter.noise*, 2012.
4. Møller Iversen, L, Marbjerg, G & Bendtsen, H. Noise from electric vehicles–‘state-of-the-art’ literature survey. *Paper presented at the Inter.noise*, 2013.
5. Comissão Europeia. Mobility and Transport, Road Safety. Viewed at 16/02/2015, from [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/pedestrians/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/pedestrians/index_en.htm), 2014.
6. ANSR, Autoridade Nacional Segurança Rodoviária. Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária - Ano de 2014, 2015.
7. Liu, Yung-Ching & Tung, Ying-Chan. Risk analysis of pedestrians’ road-crossing decisions: Effects of age, time gap, time of day, and vehicle speed. *Safety Science*, 63, 77-82, 2014.
8. Granie, Marie-Axelle, Brenac, Thierry, Montel, Marie-Claude, Millot, Marine & Coquelet, Cécile. Influence of built environment on pedestrian's crossing decision. *Accident Analysis & Prevention*, 67, 75-85, 2014.
9. Ishaque, Muhammad Moazzam & Noland, Robert B. Behavioural issues in pedestrian speed choice and street crossing behaviour: a review. *Transport Reviews*, 28(1), 61-85, 2008.
10. Benekos, Ioannis & Toniolos, Panagis. How Does Social Acceptance of Risks and Their Perception Influence Risk Management on Road Operations? *Routes/Roads(346)*, PIARC, 2010.
11. Waizman, Gennady, Shoval, Shraga & Benenson, Itzhak. Micro-Simulation Model for Assessing the Risk of Vehicle–Pedestrian Road Accidents. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 1-15, 2014.
12. Cunha, Catarina Araújo Cupertino da. Perceção de ruído de tráfego rodoviário. Universidade do Minho, 2013.
13. ISO 11819-1(1997). Acoustics – Method for Measuring the Influence of Road Surfaces on Traffic Noise – Part 1: Statistical Pass-By Method. *International Organisation for Standardisation (ISO)*, Geneve, Switzerland.
14. Antunes, M. L., Coutinho, A. S., Patrício, J., Freitas, Elisabete F., Paulo, J., Coelho, J. L. & Cardoso, F. T. Avaliação do ruído de tráfego: metodologia para a caracterização de camadas de desgaste aplicadas em Portugal. *Paper presented at the Seminar" Evaluation of Pavement Surface Characteristics"*, 2008.
15. Fletcher, Harvey & Munson, Wilden A. Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Bell System Technical Journal*, 12(4), 377-430, 1933.
16. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*: National Research Council, 2000.
17. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres. *MANUAL DA QUALIDADE DE SERVIÇOS: Ensino da Condução*, 2010.