



# ÁREAS TRANQUILAS: ESTADO DE ARTE SOBRE A CARATERIZAÇÃO DO AMBIENTE SONORO E PERCEÇÃO HUMANA

Sónia Monteiro Antunes<sup>1</sup>, Jorge Patrício <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
{santunes@lnec.pt, jpatricio@lnec.pt}

## Resumo

De acordo com a Diretiva Europeia sobre Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente (Diretiva 2002/49/CE), as áreas tranquilas, podem ser caracterizadas como zonas onde o ruído, considerado como som não desejado, originado por atividades humanas, incluindo o ruído emitido por meios de transportes (aéreo, rodoviário e ferroviário) e de instalações industriais, está ausente, ou pelo menos, não é dominante. A presente revisão da literatura (estado da arte), está direcionada tanto a espaços urbanos como a espaços rurais, onde os sons naturais são predominantes. No entanto, devido à sua proximidade às fontes de ruído enumeradas, poderão existir alguns conflitos entre a perceção humana do ambiente sonoro e os níveis sonoros objetivos, por exemplo devido à presença de componentes de baixa frequência. Adicionalmente, também são incluídos nesta análise estudos que decorreram em ambiente laboratorial, no sentido de se avaliar as interações audiovisuais, bem como os potenciais efeitos benéficos para a saúde. Assim, é apresentada a revisão do estado de arte sobre a caraterização do ambiente sonoro de áreas tranquilas, em termos de indicadores físicos (acústica e psicoacustica), e em termos de perceção (avaliação da paisagem sonora), e a correspondente relação com os benefícios para a melhoria da qualidade de vida e da saúde que a utilização deste tipo de espaços pode proporcionar.

**Palavras-chave:** Áreas tranquilas, ruído ambiente, efeitos do ruído

## Abstract

According to the European directive on the assessment and management of environmental noise (directive 2002/49/EC), quiet areas can be characterized as areas where noise, considered unwanted sound, created by human activities, including noise emitted through transport (air, road, and rail) and industrial installations, is absent, or at least, is not dominant. This literature review is aimed at urban and rural spaces where natural sounds are predominant. However, due to their proximity to the listed noise sources, there may be conflicts between human perception of the sound environment and sound levels, for example, due to low-frequency components. Additionally, studies that took place in a laboratory environment are included to evaluate audiovisual interactions and potential beneficial effects on health. A review of the state of the art on characterizing the sound environment of quiet areas is presented in terms of physical indicators (acoustics and psychoacoustics) and in terms of perception (evaluation of the soundscape). Also, the corresponding relationship between the use of these spaces and the benefits for improving quality of life and health is presented.

**Keywords:** Quiet areas, environmental noise, noise effects.

PACS no. 43.50.Sr

## 1 Introdução

A primeira legislação a nível europeu, relativa às emissões sonoras para o exterior, a Diretiva 70/157/CEE, foi publicada em 1970 [1], e dizia respeito ao nível sonoro admissível e ao dispositivo de escape dos veículos a motor. Este documento incluí valores limite em decibel para diferentes tipos de veículos. Posteriormente, foram publicados outros documentos, até que em 2002 foi publicada a diretiva 2002/49/CE (END) [2] relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Um dos grandes objetivos desta diretiva é a melhoria do ruído ambiente, identificando áreas problemáticas e desenvolvendo planos de ação para a gestão dos níveis sonoros nessas áreas. Neste contexto, o ruído ambiental é definido como o som exterior indesejado ou prejudicial causado pela atividade humana, incluindo o ruído emitido pelo tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, bem como o ruído emitido por atividades industriais. Os valores limites para o mapeamento do ruído e o planeamento de ações exigidos pelo END são 55 dB  $L_{den}$  (períodos diurnos, entardecer e noturnos) e 50 dB  $L_{noite}$  (período noturno). As principais tarefas da END são previsão e apresentação do ruído ambiente sob a forma de mapas de ruído, a identificação de áreas tranquilas, e o estabelecimento de planos de ação de gestão do ruído para a sua mitigação, bem como a prestação de informações ao público sobre os efeitos do ruído ambiente. A END integra a ideia de que as áreas tranquilas devem ser preservadas e que os planos de ação devem também ter como objetivo proteger estas áreas do aumento do ruído ambiente. Para o efeito, define o conceito de áreas tranquilas em zonas urbanas, e áreas tranquilas em zonas rurais, que devem ser definidas pela aplicação de “indicadores de ruído” e respetivos limites, a serem estabelecidos pelas autoridades competentes de cada estado-membro. As áreas tranquilas em zonas rurais, correspondem a áreas delimitadas pela autoridade competente, com a característica de não ser perturbada pelo ruído de tráfego, indústria ou atividades de recreio. Neste contexto, e devido a ausência de uma metodologia harmonizada para a identificação, planeamento e proteção das áreas tranquilas, cada estado-membro utilizou distintos métodos para a sua avaliação, decorrentes em grande parte de estudos de investigação no âmbito de projetos com financiamento local ou até mesmo da União Europeia.

Em 2014, foi publicado pela agência europeia do ambiente (EEA) o Guia de Boa Prática para as Áreas Tranquilas [3], que enaltece a importância destas áreas e descreve sumariamente os seus potenciais benefícios para a saúde e correspondentes benefícios económicos. Este relatório reconhece que vários Estados-Membros iniciaram, ou intensificaram, as suas políticas relativas às áreas tranquilas, mas ainda é uma matéria em desenvolvimento, não existindo critérios harmonizados e diretrizes para a sua proteção. O próprio guia apresenta um conjunto de critérios de seleção para a caracterização de áreas tranquilas, utilizando indicadores no âmbito da acústica, função dos espaços, dimensão e, para zonas rurais, apresenta um critério relacionado com a distância mínima a infraestruturas e aglomerações. No seguimento deste guia em 2016, foi publicado o relatório sobre áreas tranquilas na Europa [4], com a apresentação de uma metodologia para a identificação de áreas tranquilas, baseada num sistema de informação geográfica e no índice de adequabilidade à tranquilidade (*Quietness Suitability Index*, QSI). O índice QSI é uma combinação de informação acústica baseada nos mapas de ruído produzidos no âmbito da END e de informação sobre a “naturalidade” do local, tendo em conta o tipo de cobertura do solo. O relatório [4], aborda também a acessibilidade de áreas com valores elevados de QSI, apresentando os resultados por país. Neste relatório e com base num questionário aplicado a mais de 20 países e 45 cidades, a EEA indica que a maior parte das autoridades nacionais fazem um esforço para proteger áreas tranquilas. 60% das cidades indicam que aplicam alguma medida de mitigação ou gestão para a proteção das áreas tranquilas. Estas medidas incluem a restrição de determinadas atividades, a monitorização dos níveis de ruído, medidas de mitigação do tráfego, barreiras acústicas e criação de zonas exclusivas a peões, por exemplo.

A prática corrente para a gestão do ruído inclui a identificação de zonas onde os valores limites legalmente estabelecidos são excedidos, a partir do mapeamento do ruído, com recurso a métodos de modelação harmonizados (a nível europeu) para o seu cálculo. Os valores limites foram estabelecidos tendo em conta estudos recentes sobre os efeitos na saúde humana derivados da exposição contínua ao

ruído, que podem variar desde deficiências auditivas provocadas pelo ruído, incomodidade, perturbação do sono, efeitos cardiovasculares e psicofisiológicos, e inteligibilidade da fala [5]. Neste contexto, a seção regional para a Europa da Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou em 2018, novas recomendações para a proteção da saúde humana relativamente à exposição ao ruído, verificando-se um ligeiro decréscimo dos valores recomendados, relativamente aos valores na END. Os novos valores recomendados pela OMS são para o tráfego rodoviário de  $L_{den}=53$  dB e  $L_{noite}=45$  dB; para o tráfego ferroviário  $L_{den}=54$  dB e  $L_{noite}=44$  dB, para o tráfego aéreo  $L_{den}=45$  dB e  $L_{noite}=40$  dB; e para o ruído de aerogeradores  $L_{den}=45$  dB. Acima destes níveis, há evidências de efeitos adversos à saúde relacionados ao ruído [5]. Na maior parte dos casos, a gestão de ruído baseia-se nas emissões sonoras provenientes do ruído de tráfego e ruído derivado das atividades industriais, focando-se as recomendações dos planos de ação de ruído, na generalidade dos casos, nos pontos mais crítico. Os indicadores utilizados, baseados exclusivamente nos níveis de pressão sonora indicados nos mapas de ruído, não têm informação (ou quase nenhuma) sobre o ambiente acústico a percebido pelas pessoas que habitam (ou frequentam) estas áreas. Para além disso, as áreas abaixo dos limites de ruído aparecem simplesmente como pontos em branco nos mapas de ruído, supondo-se a associação a ambientes sonoros homogêneos, sem qualquer tipo de estratificação. Nos últimos anos têm aparecido uma série de estudos sobre a avaliação do ambiente sonoro, tendo em conta novos indicadores compostos [6,7], com recurso a participação informada de cidadãos [8,9], ou então indicadores do âmbito da ecologia acústica [10] ou então novos estudos baseados no conceito de paisagem sonora [11,12].

## 2 Conceito de áreas tranquilas

Embora a identificação de áreas tranquilas esteja incluída na diretiva de ruído ambiente, não foi publicada uma definição específica deste conceito. As orientações da EEA [3] recomendam a identificação de áreas tranquilas, pela correspondência destas áreas a ambientes sonoros que proporcionem o descanso, relaxamento, calma e paz de espírito, localizados na vizinhança das habitações, ou então, correspondam a zonas próximas de aglomerações. Para isso, devem estas áreas conter sons naturais, sendo que os sons produzidos por atividades humana (sons de tráfego, atividades industriais) devem ser inexistentes. Assim, verifica-se que o silêncio absoluto não é o objetivo das áreas tranquilas, pois existem muitos sons que são considerados agradáveis ou com algum conteúdo informativo, bem como relaxantes ou estimulantes, dependendo do contexto. No entanto, poderá existir sempre a tendência de se assumir que numa área tranquila os níveis sonoros  $L_{den}$  e  $L_{noite}$ , terão valores mais baixos, por exemplo entre 40-50 dB. Alguns estudos para a identificação de áreas tranquilas [13], que combinam a informação resultante dos mapas de ruído e de sistemas de informação geográfica, estabelecendo o cruzamento de informação sobre dados relativos ao tipo de cobertura do solo e presença de elementos naturais, dimensões, acessibilidades, distâncias a infraestruturas (rodoviárias, ferroviárias, aeroportuárias e industriais), constataram a adequabilidade deste método na identificação de áreas tranquilas em zonas rurais. No caso de zonas urbanas, o ambiente sonoro é mais complexo e sensível ao contexto do local, sendo necessário a aferição dos utilizadores relativamente à correspondente percepção. Em zonas urbanas, os resultados de alguns inquéritos [13] demonstraram que os residentes valorizam muito as áreas próximas das suas casas e locais de trabalho (a menos de 10 minutos a pé), onde podem relaxar, descansar e recuperar. Estas áreas urbanas tranquilas não têm necessariamente de ser tão calmas, desde que sejam relativamente calmas em relação às zonas mais ruidosas da cidade, verificando-se como aceitáveis diferenças relativas da ordem de 6 a 15 dB. Adicionalmente aos valores dos níveis sonoros, fatores não acústicos, como a presença de vegetação, apreciação visual (agradabilidade de vistas e coerência, presença de verde e azul), acessibilidades, instalações disponíveis (bancos, parques infantis, caminhos pedonais e cicloviários), limpeza e manutenção, aspetos relacionados com a segurança do local e aspetos pessoais do indivíduo (sensibilidade ao ruído), bem como as características culturais ou de diversão das áreas, têm um contributo importante na apreciação global destas zonas. No planeamento

de áreas tranquilas, especialmente em zonas urbanas, não devem ser esquecidos os potenciais efeitos benéficos para a saúde humana, como por exemplo, o descanso e o relaxamento, bem como o alívio do *stress* relativamente ao ruído ambiente (especialmente tráfego rodoviário) que a utilização destas áreas pode proporcionar [12]. Atendendo a todos os fatores que podem afetar a apreciação destas áreas, e no caso de zonas urbanas, é evidente que não existe uma única tipologia de áreas tranquilas, sendo necessário agrupar unidades de análise homogêneas (correspondendo a áreas com idênticas expectativas de tranquilidades, pelos seus utilizadores) em categorias principais que potencialmente poderiam ajudar no estabelecimento de critérios para classificar potenciais áreas tranquilas em zonas urbanas (por exemplo, rua arborizada, zona pedonal, praça, pátio interior, área verde urbana, zona edificada). Um exemplo de estratificação de áreas tranquilas em zonas urbanas, consta no plano de redução de ruído de Berlim lançado em 2008, onde são identificadas duas categorias de áreas tranquilas: “áreas abertas contínuas” e “áreas de lazer”: as primeiras integram florestas, espaços verdes, parques, com uma área superior a 100 hectares e com níveis sonoros abaixo de 55 dB; as áreas de lazer são constituídas por áreas verdes próximas, a uma curta distância de áreas residenciais, maiores que 30 hectares e caracterizadas por uma diminuição do nível sonoro relativamente ao seu perímetro externo de 6 dB(A) [14].

Para espaços verdes e jardins em zonas urbanas, foram realizadas algumas tentativas de classificação destes espaços em termos das suas capacidades de recuperação psicofisiológica do *stress* e diminuição da incomodidade derivada da exposição ao ruído. A mais conhecida e interessante, uma vez que poderá ser no futuro diretamente utilizada nos mapas de ruído, foi desenvolvida pelo centro para ambientes sustentáveis da Universidade de Bradford. Esta tentativa, designada por Instrumento de Previsão da Classificação da Tranquilidade (*Tranquillity Rating Prediction Tool: TRAPT*) [15], combina objetivamente estímulos sonoros (com recurso ao nível de pressão sonora ponderado A) e estímulos visuais, em termos de percentagem de características naturais e contextuais (por exemplo, monumentos, edifícios históricos). Este índice inclui também um fator adicional relacionado com as condições ambientais no momento de avaliação, como por exemplo a presença de lixo ou de graffiti na área, que diminui a classificação da área, ou pelo contrário, a presença de sons de água que irá melhorar a correspondente classificação. Refira-se que a influência deste último fator, não modifica em  $\pm 1$  ponto percentual a escala global de classificação de tranquilidade.

Um outro conceito que permite avaliar a qualidade sonora de uma zona, para além do aspeto da incomodidade induzida pelo ruído, é o conceito de paisagem sonora, cuja definição considera o ambiente sonoro como o ambiente que é apercibido ou experienciado pelo indivíduo, tendo em conta o contexto onde ocorre [16]. Este conceito foi recentemente formalizado num conjunto de documentos normativos, publicados pela Comissão Internacional de Normalização [16], [17] e [18]. A primeira parte desta série de normas estabelece a definição do conceito de paisagem sonora, diferenciando-a do ambiente sonoro, uma vez que também considera a influência de elementos não acústicos, tais como o contexto do auditor, o cenário visual, e o modo como fatores interagem com o ambiente sonoro, na influência da percepção do auditor. A segunda parte desta série de normas, ISO/TS 12913-2:2018 [17] aborda os requisitos para a recolha de informação e elaboração de relatórios sobre estudos de paisagem sonora. Em termos de metodologia, este documento da ISO abrange duas abordagens principais, nomeadamente: passeios sonoros combinados com questionários (Métodos A e B) e entrevistas narrativas (Método C) [17], que se relacionam, respetivamente com a recolha de dados no local e fora do local. No entanto, a gama de possibilidades metodológicas para a recolha de informação sobre a paisagem sonora, são mais amplas, e podem incluir, por exemplo, sessões de escuta em laboratório.

A Parte 3 da série ISO 12913, baseia-se na Parte 2 e estabelece as diretrizes para a análise e interpretação dos dados recolhidos em conformidade com os métodos enumerados anteriormente (Métodos A, B e C). Quando é utilizado o método A [17], a avaliação da paisagem sonora realiza-se com base na classificação em oito qualidades afetivas preceptivas (Agradável, Caótico, Irritante, Monótono, Animado, Tranquilo, Sem acontecimentos, Agitado), por meio de questionários. Utilizando as diretrizes que constam na parte 3 da série ISO 12913, é possível representar graficamente a paisagem sonora de

um local, por meio de um modelo bidimensional, em que o eixo horizontal representa uma escala de agradabilidade (relacionada com atributos como confortável, atraente, convidativo, num dos extremos e desconfortável, desagradável, no extremo oposto) e o eixo vertical representa uma escala relacionada com a quantidade de eventos acústicos (associada aos atributos animado, cheio de vida, agitado, num dos extremos, e monótono, no extremo oposto). Se estes dois eixos rodarem de 45° em relação às duas dimensões anteriores, aparecem duas dimensões adicionais, a primeira representa ambientes caóticos *versus* ambientes calmos, e a segunda denota ambientes monótonos *versus* ambientes animados.

Na Figura 1 apresenta-se um exemplo de tratamento da informação tendo como base o modelo bidimensional descrito anteriormente, resultante de sessões de escuta realizada em laboratório, e na qual participantes de 3 países (Portugal, Brasil e Reino Unido) classificaram distintas categorias de sons, em função da intensidade auditiva percebida. Mais detalhes sobre esta experiência podem ser encontrados em [19]. O gráfico da Figura 1.a) representa as categorias de sons (equipamentos, atividade humana, tráfego, natureza) avaliadas, quando o som apresentado foi conotado com baixa intensidade auditiva, enquanto na Figura 1.b) apresentam-se as categorias de sons (equipamentos, atividade humana, tráfego, natureza, e mais uma categoria adicional não presente na figura da esquerda) avaliadas como de elevada intensidade auditiva. Nesta figura é permitido verificar a mudança de apreciação à medida que a intensidade auditiva percebida aumenta, exceto para os sons naturais. Este exemplo, permite constatar que para sons naturais, muito provavelmente as pessoas poderão tolerar níveis sonoros mais elevados, relativamente aos sons com origem em atividades humanas.

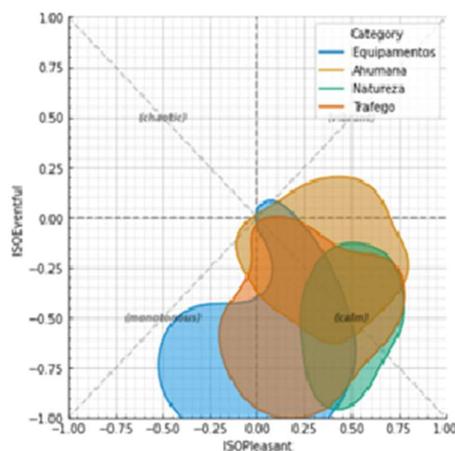


Figura 1.a)

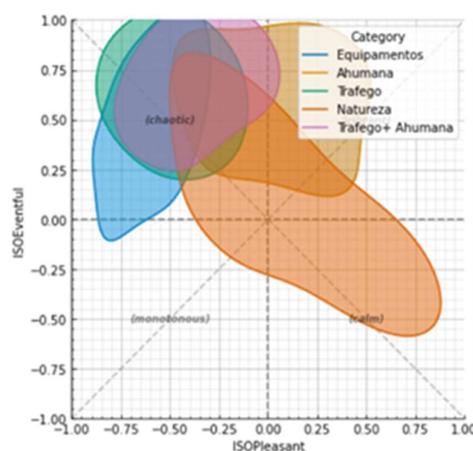


Figura 1.b)

Figura 1.a) e Figura 1.b) – Contornos do percentil 50 para os resultados dos participantes, tendo em conta a categoria de sons e a intensidade auditiva percebida. Figura 1.a) sons avaliados com baixa intensidade auditiva, Figura 1.b) sons avaliados com elevada intensidade auditiva.

Uma revisão sistemática da literatura [20] identificou associações positivas entre percepções positivas de paisagem sonora (representadas no modelo bidimensional nos quadrantes animado, agradável e calmo) e efeitos positivos na saúde e bem-estar (incluindo efeitos na redução de mecanismos indutores de *stress*). Outro estudo [21], com o objetivo de planejar espaços verdes urbanos cujas paisagens sonoras possam contribuir para efeitos positivos na saúde humana, identificou 5 critérios para a avaliação, de áreas tranquilas, designadamente: (1) Percentagem da superfície do solo coberta por elementos naturais (Naturalidade), (2) nível sonoro de baixa intensidade de sons derivados de fontes antropogénicas (níveis sonoros), (3) forte relação entre as fontes sonoras dominantes e sons naturais (fontes sonoras percebidas), (4) percepções positivas da paisagem sonora (avaliação da paisagem sonora), (5)

congruência entre aspetos auditivos, visuais, olfativos, e espectativas sobre os espaços (percepção do meio externo).

### 3 Indicadores para avaliação de áreas tranquilas

Em áreas urbanas, consideradas tranquilas, o ambiente sonoro é constituído por uma composição de sons originados por atividades humanas e sons naturais que podem ocorrer simultaneamente ou separadamente no mesmo espaço de tempo. Devido à sua complexidade e à natureza dinâmica dos ambientes sonoros em zona suburbanas, a descrição quantitativa por meio de um único indicador baseado no nível sonoro, como o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, não é suficiente, sendo necessária informação adicional para uma descrição das características temporais e espectrais do ambiente sonoro. Para a caracterização dos regimes temporais do ambiente sonoro, são muitas vezes utilizados os níveis percentis, como por exemplo,  $L_{AF95}$  (caraterização do ruído de fundo),  $L_{AF10}$  (caraterização de ruídos emergentes relativamente ao ruído de fundo), ou até mesmo a diferença entre dois indicadores, com por exemplo  $L_{AF10}$  e  $L_{AF95}$ , que dá uma ideia sobre a variabilidade temporal do ambiente sonoro. A caracterização do conteúdo espectral, e em especial a identificação de existência do sons de baixa frequência, pode ser aferida a partir da diferença entre o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado C e o correspondente valor associado à ponderação A. Para além destes indicadores de acústica, na avaliação da paisagem sonora, e de acordo com os documentos normativos [18], é recomendado o registo de indicadores psicoacústicos, como, por exemplo, a intensidade auditiva, agudeza, rugosidade e força de flutuação, e respetivos níveis percentis. No entanto, e tal com indicado, em [17] os indicadores a nível da acústica e da psicoacustica descrevem somente os sons e as sensações auditivas que provocam, não conseguindo explicar totalmente se um som é agradável ou apropriado a um determinado local.

Outra família de indicadores, derivada diretamente do conceito de ecologia da paisagem sonora, divide a paisagem sonora em sons produzidos pelos animais (biofonia), pelos fenómenos naturais (geofonia) e, pelos sons gerados pelas atividades humanas (antropofonia). A ideia principal é estimar a contribuição relativa da biofonia em comparação com a geofonia e a antropofonia. Utilizando uma abordagem simplificada, considera-se o perfil espectral da paisagem sonora, dividido em duas regiões principais: (1) a gama de frequências entre 0,2 e 2 kHz, constituída essencialmente por sons mecânicos (antropofonia), e (2) a gama de frequências entre 2 e 8 kHz, que é ocupada principalmente pela produção de sons animais (biofonia). O som devido ao vento ou à chuva cobre todo o espectro com mais energia nas frequências mais baixas [22]. Um exemplo de indicador deste tipo é o Índice de Diferença Normalizada da Paisagem Sonora, e corresponde à proporção entre sons de biofonia e de antropofonia presentes num sinal acústico. Uma resenha dos vários índices da bioacústica pode ser encontrada em [22]. Em zonas onde valores dos níveis sonoros estão abaixo dos valores limites preconizados pela END, a utilização de indicadores ecoacusticos, na identificação das características de biofonia de um local, em complemento aos mapas de ruído, poderá constituir uma mais-valia na identificação de áreas tranquilas, especialmente em zonas rurais.

No entanto, a aplicação destes indicadores em ambientes urbanos, ou próximo de aglomerações, está sujeita a efeitos de enviesamento, em virtude da sobreposição de sons de biofonia e de antropofonia, especialmente na gama de frequências entre os 2000- 8000 Hz, derivado do ruído de tráfego rodoviário. Neste caso, uma das soluções seria a complementação da análise efetuada com a adição de indicadores exclusivos de antropofonia [22]. Relativamente ao ruído de tráfego rodoviário, e para obviar a questão anterior, para zonas verdes em áreas urbanas, foi desenvolvido o Índice de Paisagem Sonora Verde (GSI), definido como a razão entre a extensão apercebida dos sons naturais e a extensão apercebida pelo ruído do tráfego [22]. Os dados recolhidos, obtidos com recurso a questionários, são divididos em três classes de acordo com o valor do GSI: 1) predominância preceptiva de ruído de tráfego, 2) percepção equilibrada e 3) predominância preceptiva de sons naturais. Para cada grupo são consideradas variáveis

adicionais associadas ao Ambiente Acústico e variáveis associadas ao Ambiente Experimentado. O primeiro caso integra indicadores baseados no nível sonoro contínuo equivalente, nível sonoro máximo e diferença de níveis percentis ( $L_{AS10}$  e  $L_{AS90}$ ), utilizando a ponderação do tempo lenta, e um tempo total de medição de 5 minutos. O Ambiente Experimentado é obtido por uma avaliação qualitativa relativamente ao ambiente circundante e pela avaliação da paisagem sonora em termos de qualidades afetivas preceptivas [17].

#### 4 Participação de cidadãos na avaliação de áreas tranquilas

O rápido desenvolvimento dos dispositivos móveis (especialmente *smartphones*) bem com a facilidade de acesso a redes de internet móvel, têm impulsionado o desenvolvimento de aplicações móveis dedicadas aos estudos sobre a percepção e monitorização de diversos fatores ambientais, utilizando os cidadãos como sensores. Esta nova abordagem designada como ciência cidadã, lida com ferramentas de gestão que combinam soluções de diversas áreas (ambiente, eficiência energética, vida humana, por exemplo), tendo como desafio, no contexto urbano a promoção de mudanças centradas no utilizador (*smart cities*). Nesta abordagem, no contexto da acústica, os cidadãos utilizam os seus dispositivos móveis para a recolha de dados (por exemplo, dados sobre níveis sonoros e avaliações preceptivas do local, imagens e até registos áudio, com a respetiva georreferenciação), sendo os dados recolhidos carregados para um servidor, via Wi-Fi. O servidor recolhe e processa a informação de todos os participantes, de acordo com as metodologias definidas para o efeito, sendo os resultados obtidos utilizados na representação do fenómeno em estudo (mapeamento de ruído ou avaliação da paisagem sonora). Para uma visão geral dos principais benefícios, potenciais e de desvantagens da monitorização participativa em aplicações de mapeamento de ruído e avaliação da paisagem, pode ser consultada a referência [24]. Neste contexto, e no que respeita a monitorização de ruído, algumas questões tem sido levantadas, relativamente ao transdutor a utilizar (interno ou externo) [23], respetiva calibração e desempenho das aplicações para dispositivos móveis [24], características metrológicas do equipamento de medição de níveis sonoros [25]. Igualmente, e no que respeita à monitorização de níveis sonoros associados a áreas tranquilas, deve ser tida em conta a possibilidade de diminuição da exatidão na utilização de dispositivos móveis, devidos aos valores mais baixos de níveis sonoros. Este facto implica um maior cuidado nos dispositivos móveis a utilizar, bem como a seleção de metodologias apropriadas para a calibração dos sensores. Efetivamente, foram detetadas diferenças médias de -4 a 5 dB, entre medições realizadas com um dispositivo móvel e um sonómetro, para valores de nível sonoro contínuo equivalente entre 45-80 dB(A), enquanto para níveis sonoros abaixo de 45 dB(A), estas diferenças aumentavam para a ordem dos 10 dB(A) [24]. No entanto, existem também grandes vantagens na aplicação deste tipo de abordagem, relativamente à recolha de informação percetual, no âmbito do conceito de paisagem sonora. De facto, nas aplicações para dispositivos móveis facilmente pode ser implementada a avaliação das qualidades afetivas preceptivas descritas na norma ISO/TS 12913-2 [17], complementadas com informação e apreciação qualitativa sobre fontes sonoras existentes, congruência do ambiente sonoro envolvente global (combinando aspetos acústicos, visuais, olfativos), para além de informação sobre os níveis sonoros e georreferenciação do local. Exemplo deste tipo de abordagem são as aplicações praticas resultantes dos projetos europeus CITI-SENSE (<https://citi-sense.eu/>), Noise-planet (<https://noise-planet.org/index.html>) e “Beyond the Noise: Open Source Soundscapes” (<https://opensourcesoundscapes.org/>). Todos estes três projetos combinaram a recolha de medições de níveis sonoros e avaliação percetiva dos utilizadores, o primeiro mais relacionado com o conforto acústico de espaços urbanos [26], o segundo mais relacionado com a classificação da agradabilidade de um evento específico e identificação de fontes sonoras presentes [9]. Relativamente ao último projeto [27], o seu objetivo específico foi a identificação, avaliação e planeamento de áreas tranquilas, em zonas urbanas, implementando os conceitos de ciência cidadã e paisagem sonora, para além medição de níveis

sonoros. Refira-se que os 2 últimos projetos produziram aplicações moveis que atualmente ainda estão disponíveis para utilização, via google play, com as designações NoiseCapture e Hush City. Em último lugar, é de salientar a grande importância na aplicação deste tipo de abordagem no que respeita a capacitação das comunidades locais relativamente ao mapeamento e avaliação das áreas tranquilas próximas dos seus locais de residência, ou que frequentam regularmente.

## 5 Conclusões

A comunicação apresentada está subdividida em 3 partes, para além da introdução, onde são expostos os requisitos legislativos, que são a base de partida. Na primeira parte apresentam-se os conceitos para a identificação de áreas tranquilas, tendo como base as orientações da Agência Europeia do Ambiente, e outros documentos orientativos. É também apresentada a abordagem sobre a avaliação das paisagens sonoras, na identificação de áreas tranquilas. Ainda relativamente a esta última abordagem, é realizada uma revisão de literatura entre perceções positivas de paisagem sonora, e efeitos benéficos para a saúde e bem-estar. A segunda parte descreve os indicadores utilizados na identificação de áreas tranquilas, enquanto a terceira parte aborda a importância da ciência cidadã, na identificação e avaliação de áreas tranquilas, principalmente em zonas urbanas.

O mapeamento de ruído é uma ferramenta importante para identificar pontos “negros” relativamente a este descritor. No entanto, os indicadores utilizados, baseados exclusivamente nos níveis de pressão sonora, não têm informação sobre o ambiente acústico apercebido pelas pessoas que habitam (ou frequentam) estas áreas. O próprio conceito de área tranquila, estende-se para além dos níveis sonoros, incluído a avaliação perceptiva e o potencial efeito positivo na saúde. No caso de áreas tranquilas em zonas rurais, usualmente com limites de ruído abaixo dos níveis limiares indicados na END, estas zonas aparecem simplesmente como pontos em branco nos mapas de ruído, supondo-se a associação a ambientes sonoros homogéneos, sem qualquer tipo de estratificação. No entanto, a utilização de indicadores ecoacústicos, na identificação das características de biofonia de um local, em complemento aos mapas de ruído, poderá constituir uma mais-valia na identificação de áreas tranquilas, especialmente nestas áreas em zonas rurais. Já, no caso de zonas urbanas, onde o ambiente sonoro é constituído por uma composição de sons originados por atividades humanas e sons naturais que podem ocorrer simultaneamente ou separadamente no mesmo espaço de tempo, a identificação de zonas tranquilas é mais complexa. Em parte, porque não existe uma única tipologia de áreas tranquilas, sendo necessário agrupar unidades de análise homogéneas, e identificar categorias para o estabelecimento de critérios de classificação. Para o efeito, o recurso à participação informada de cidadãos, e a combinação de métodos quantitativos e qualitativos de investigação da paisagem sonora, permitirá uma caracterização mais detalhada do ambiente sonoro, tendo em conta todas as fontes de ruído envolvidas, e a correspondente apreciação pelos utilizadores dos espaços. Adicionalmente, será possível associar efeitos positivos na saúde humana nas áreas assim identificadas. Outro aspeto positivo no recurso à participação informada de cidadãos é o aumento da consciência da comunidade sobre a importância de recuperar e proteger a tranquilidade nas zonas urbanas, aspetos este que não deixam de ser os principais objetivos da END.

## Referências

- [1] Diretiva 70/157/CE. Aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes ao nível sonoro admissível e ao dispositivo de escape dos veículos a motor Conselho da União Europeia, Bruxelas, Bélgica, 1970.
- [2] Diretiva 2002/49/CE. Avaliação e gestão do ruído ambiente (END). Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, Bruxelas, Bélgica, 2020, atualizada 3-25-2020.
- [3] European Environment Agency (2014). Good Practice Guide on Quiet Areas; Technical report No. 4/2014, ISBN 978-92-9213-424-2; European Environmental Agency, Copenhaga, Dinamarca.
- [4] European Environment Agency (2016), Quiet Areas in Europe – The environment unaffected by noise pollution, Report No. 14/2016, ISBN 978-92-9213-745-8, Copenhaga, Dinamarca.
- [5] World Health Organization Regional Office for Europe (2018). Environmental noise guidelines for the European Region. WHO/EURO:2018-3287-43046-60243, Copenhaga, Dinamarca.
- [6] Lawrence, T.; Frucht, A.; Heying, D.; Schroer, K.; Gruehn, D. (2024). Acoustic Characterization of Potential Quiet Areas in Dortmund, Germany. *Environments* Vol 11 (4), 69.
- [7] Brambilla, G.; Gallo, V. (2016). QUIETE: a scheme for a new index of the environmental quality of green areas, *Noise Mapping*, vol 3, pp. 49-58.
- [8] Radicchi, A. (2017). Beyond the noise: Open source soundscapes - A mixed methodology to analyse, evaluate and plan “everyday” quiet areas. *Proceedings of Meetings on Acoustics*. Boston, Massachusetts, 25-29 Junho, 2017
- [9] Mascolo, A.; Rossi, D.; Grimaldi, M. (2023). Soundscape indicators assessment and mapping in a university campus. *Forum Acusticum 2023*, 10<sup>a</sup> Convenção da Associação Europeia de Acústica Turim, 11-15 Setembro, pp.1039-1045.
- [10] Sueur, J.; Farina, A.; Gasc, A.; Pieretti, N.; Pavoine, S. (2014). Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation. *Acta Acustica United with Acustica*, vol. 100, pp. 772-781.
- [11] Lippold, M.; Lawrence, B. (2019). Soundscape planning as a tool for urban planning as a tool for urban planning, *International Conference on Acoustics*, Aachen, Alemanha, 9 – 13 Setembro.
- [12] Coensel, B.; Boes, M.; Oldoni, D.; Botteldooren, D. (2013). Characterizing the soundscape of tranquil urban spaces. *International Conference on Acoustics*, Montreal, Canada, 2 - 7 June 2013
- [13] Peeters, B.; Nusselder, R. (2022). Quiet areas, soundscaping and urban sound planning, Report No. M+P.BAFU.19.01.2 , European Network of the Heads of Environment Protection Agencies, Fevereiro 2022.
- [14] Radicchi, A. (2018). Everyday Quiet Areas: What They Are and How They Can Be Integrated in Noise Action Plans. *Internoise 2018*, Chicago, 22-29 Agosto,
- [15] Watts, G., Miah, A., Pheasant, R. (2013). Tranquillity and Soundscapes in Urban Green Spaces— Predicted and Actual Assessments from a Questionnaire Survey. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(1), pp. 170-181.
- [16] International Organization for Standardization (2014), ISO 12913 -1:2014 “Acoustics –Soundscape –Part 1:Definition and conceptual framework, International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

- [17] International Organization for Standardization (2018). ISO/TS 12913-2:2018. Acoustics — Soundscape — Part 2: Data collection and reporting requirements; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- [18] International Organization for Standardization (2019). ISO/TS 12913-3. Acoustics — Soundscape — Part 3: Data analysis; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.
- [19] Antunes, S. Michalski, R.; Ulhôa, M.L.; Alves, S.; Ribeiro, L. (2023). A European and Brazilian cross-national investigation into the Portuguese translation of soundscape perceptual attributes within the SATP project, *Applied Acoustics*, vol. 211:109472,.
- [20] Aletta, F.; Oberman, T.; Kang, J. (2018). Associations between Positive Health-Related Effects and Soundscapes Perceptual Constructs: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15(11), 2392.
- [21] Kogan, P.; Arenas, J.; Bermejo, F.; Hinalaf, M.;Turra,B. (2018). A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. *Sci Total Environ.*, vol.642, pp. 463-472.
- [22] Brambilla, G.; Pedrielli, F. (2020). Smartphone-Based Participatory Soundscape Mapping for a More Sustainable Acoustic Environment, *sustainability*, Sustainability, 12, 7899.
- [23] Kardous, C.; Shaw, P. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones – A follow-up Study. *J Acoust Soc Am.*, 140(4), pp 327-333.
- [24] Padilla-Ortiz, A.; Machuca-Tzili, F., Ibarra-Zarate, D. (2023). Smartphones, a tool for noise monitoring and noise mapping: an overview. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, pp 3521-3536.
- [25] Celestina, M.; Hrovata,J.; Kardousb, A. (2018).Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards, *Applied Acoustics* 139, pp 119–128.
- [26] Aspuru, I., García, I.; Herranz, K.;Santander, A. (2016). CITI-SENSE: methods and tools for empowering citizens to observe acoustic comfort in outdoor public spaces. *Noise Mapping*, vol. 3, no. 1, pp 37-48.
- [27] Radicchi, A. (2017). Hush City. A new mobile application to crowdsource and assess "everyday quiet areas" in cities. Conference: INVISIBLE PLACES 2017 SOUND, URBANISM AND SENSE OF PLACE, São Miguel, Portugal, April 2017, pp.505-521.